

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2008

Bc. JITKA SEDLÁČKOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ
KATEDRA TEXTILNÍCH TECHNOLOGIÍ

PEVNOSTI PŘÍZÍ Z POLYPROPYLENU

STRENGTH OF POLYPROPYLENE YARNS

Vedoucí diplomové práce: doc. Dr. Ing. Dana Křemenáková

Konzultant: Ing. Pavla Vozková

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 74

Počet příloh: 2

Počet tabulek: 18

Počet obrázků: 34

LIBEREC 2008

Bc. JITKA SEDLÁČKOVÁ

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Beru na vědomí, že si svou diplomovou práci mohu vyzvednout v Univerzitní knihovně TUL po uplynutí pěti let po obhajobě.

V Liberci, dne 12. 5. 2008

.....

Podpis

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí diplomové práce doc. Dr. Ing. Daně Křemenákové za odborné vedení a cenné připomínky. Dále děkuji konzultantce Ing. Pavle Vozkové za její pomoc a informace, které mi poskytla při vypracování diplomové práce.

V neposlední řadě patří poděkování mým rodičům a přátelům, kteří mě po celou dobu studia podporovali a to jak materiálně, tak psychicky.

Anotace

Diplomová práce se zabývá pevností polypropylenových přízí. Teoretická část je věnována polypropylenovým vláknům, vlastnostem přízí, vlivům na pevnost a modelům predikce pevnosti staplových přízí. Experimentální část obsahuje principy měření, naměřené a zpracované výsledky vlastností vybraných vzorků prstencových přízí o jmenovité jemnosti 20tex, 25tex, 29,5tex a kompaktních přízí o jmenovité jemnosti 25tex. Stanovení kritického zákrutového koeficientu, porovnání získaných hodnot s bavlněnými přízemi a s modely na projektování pevností přízí.

Klíčová slova: polypropylen, vlastnosti příže, koeficient zákrutu, pevnost příže

Annotation

The diploma thesis deals with strength of polypropylen yarns. Theoretic part is oriented to polypropylen fibres, properties of yarns, its effect to strength and models of staple yarns strength prediction. In experimental part is contained; principle of measuring, obtained and processed data, properties of specimens of ring yarns with specified fineness 20tex, 25tex, 29,5tex and specimens of compact yarns with specified fineness 25tex. Further it is contained, determining critical twist ratio, comparing results with cotton yarns and with yarns strength design models.

Keywords: polypropylene, yarn properties, twist ratio, strength of yarn

Seznam použitých zkratek a symbolů

| | | |
|--------------|-------------------------------------|---|
| a | $[\text{m}^{-1} \text{ktex}^{2/3}]$ | Phrixův zákrutový koeficient |
| <i>apod.</i> | | a podobně |
| α_s | $[\text{m}^{-1/3}]$ | plošný Phrixův zákrutový koeficient |
| <i>atd.</i> | | a tak dále |
| C | $[-]$ | konstanta pro bavlnu - Solověv |
| CO | | bavlna |
| d | $[\text{mm}]$ | průměr vláken |
| D | $[\text{mm}]$ | průměr příze |
| D_s | $[\text{mm}]$ | substanční průměr příze |
| E | $[\text{Pa}]$ | modul pružnosti vlákna |
| F | $[\text{N}]$ | absolutní pevnost v tahu |
| f | $[-]$ | součinitel tření vlákna |
| f_l | $[-]$ | koeficient vlivu délky vláken |
| f_n | $[-]$ | koeficient vlivu počtu vláken |
| f_a | $[-]$ | závislost pevnosti příze na koeficientu zákrutu |
| H | $[-]$ | chlupatost |
| H | $[-]$ | charakteristika technologického procesu |
| h | $[-]$ | empirická materiálová konstanta |
| K | $[-]$ | konstanta pro bavlnu |
| K | | kompaktní příze |
| <i>jm.</i> | | jmenovitá |
| k_p | $[\text{Pa}]$ | konstanta tlaku |
| L | $[\text{km}]$ | délka příze |
| l_0 | $[\text{mm}]$ | upínací délka |
| l_1 | $[\text{mm}]$ | délka přikroucené příze |
| l_m | $[\text{mm}]$ | modální délka vlákna |
| l_p | $[\text{m}]$ | max. vzdálenost čelistí v okamžiku přetrhu |
| l_y | $[\text{mm}]$ | délka vláken |
| m | $[\text{g}]$ | hmotnost příze |
| M | $[\text{m}]$ | materiálově-technologická konstanta |
| <i>max.</i> | | maximální |

| | | |
|-----------------|--------------------------------------|--|
| n | $[\text{m}^{-1}]$ | otáčky zákrutového ústrojí |
| O_I | $[-]$ | počet přidanych ovinů |
| obr | | obrázek |
| P | | prstencová příze |
| PP | | polypropylen |
| R | $[\text{N tex}^{-1}]$ | poměrná pevnost v tahu |
| $real.$ | | reálná |
| S | $[\text{mm}^2]$ | plocha vláken |
| S_c | $[\text{mm}^2]$ | celková plocha |
| t | $[\text{tex}]$ | jemnost vláken |
| T | $[\text{tex}]$ | jemnost příze |
| T_I | $[\text{tex}]$ | jemnost původní příze |
| T_2 | $[\text{tex}]$ | jemnost přikroucené příze |
| v | $[\text{m min}^{-1}]$ | odváděcí rychlost |
| V_c | $[\text{m}^3]$ | celkový objem příze |
| V_v | $[\text{m}^3]$ | objem vláken |
| Z | $[\text{m}^{-1}]$ | zákrut příze |
| Z_I | $[\text{m}^{-1}]$ | počet zákrutů původní příze |
| Z_v | $[\text{m}^{-1}]$ | počet zákrutů přikroucené příze |
| l/Z | | výška stoupání šroubovice |
| α | $[\text{m}^{-1} \text{ktex}^{1/2}]$ | Köchlinův zákrutový koeficient |
| α_s | $[-]$ | plošný Köchlinův zákrutový koeficient |
| α_{sk} | $[-]$ | plošný kritický zákrutový koeficient |
| α_k | $[\text{m}^{-1} \text{ktex}^{-1/2}]$ | Köchlinův kritický zákrutový koeficient |
| α_v | $[-]$ | parametr sklonu k ose příze |
| β | $[\text{°}]$ | úhel vláken v přízi |
| β_v | $[-]$ | parametr tvaru rozložení |
| γ | $[-]$ | vliv prokluzu vláken |
| χ | | intenzita zákrutu |
| Δl | $[\text{mm}]$ | změna délky |
| Δl_I | $[\text{m}]$ | změna délky při přikrucování odečtená ze zákrutoměru |
| ε | $[\text{‰}]$ | tažnost |
| ε_h | $[\text{mm}]$ | poměrné prodloužení příze |

| | | |
|--------------|------------------------|--|
| Γ | | gamma funkce |
| δ_s | [%] | seskání příze |
| φ | [-] | koeficient vlivu sklonu vláken |
| Φ_{sp} | [-] | využití pevnosti svazku vláken v přízi |
| Φ_{vp} | [-] | využití pevnosti vláken v přízi |
| Φ_{vs} | [-] | využití pevnosti vláken ve svazku |
| η | [-] | vliv použité technologie |
| η_{kor} | [-] | korigovaná hodnota η |
| μ | [-] | zaplnění |
| μ_m | [-] | mezní zaplnění |
| ρ | [kg m ⁻³] | měrná hmotnost vláken |
| σ_p | [N tex ⁻¹] | poměrná pevnost příze |
| σ_s | [N tex ⁻¹] | poměrná pevnost svazku příze |
| σ_v | [N tex ⁻¹] | poměrná pevnost vláken |
| ξ | [-] | mechanicky vyrovnatelné navlnění |
| ξ_o | [-] | konstanta |
| ψ | [-] | koeficient vlivu navlnění vláken |
| ω | [-] | koeficient vlivu vlákenné migrace |

OBSAH

| | | |
|---------|--|----|
| 1. | ÚVOD | 12 |
| 2. | REŠERŠE | 13 |
| 2.1 | POLYPROPYLEN (PP) | 13 |
| 2.1.1 | VLASTNOSTI POLYPROPYLENOVÝCH VLÁKEN | 14 |
| 2.2 | PŘÍZE | 15 |
| 2.2.1 | JEMNOST | 15 |
| 2.2.2 | ZAPLNĚNÍ | 15 |
| 2.2.3 | PRŮMĚR | 16 |
| 2.2.4 | ZÁKRUT | 17 |
| 2.2.4.1 | KOEFICIENT ZÁKRUTU | 19 |
| 2.2.4.2 | PŘIDÁVÁNÍ OVINŮ | 20 |
| 2.2.5 | CHLUPATOST | 20 |
| 2.2.6 | PEVNOST A TAŽNOST | 21 |
| 2.2.7 | VLASTNOSTI OVLIŇUJÍCÍ PEVNOST PŘÍZE | 23 |
| 2.2.7.1 | KRITICKÝ KOEFICIENT ZÁKRUTU | 23 |
| 2.2.7.2 | VLIV SKLONU VLÁKEN | 25 |
| 2.2.7.3 | VLIV NAVLNĚNÍ VLÁKEN | 25 |
| 2.2.7.4 | VLIV PROKLUZŮ VLÁKEN | 26 |
| 2.2.7.5 | VLIV MIGRACE VLÁKEN | 26 |
| 2.3 | METODY PREDIKCE PEVNOSTI PŘÍZE | 26 |
| 2.3.1 | PREDIKCE PEVNOSTI PŘÍZÍ DLE N. PANA | 27 |
| 2.3.2 | PREDIKCE PEVNOSTI PŘÍZÍ DLE A. N. SOLOVĚVA | 29 |
| 2.3.3 | PREDIKCE PEVNOSTI PŘÍZÍ DLE NECKÁŘE | 31 |
| 2.4 | TEORETICKÁ ÚVAHA | 34 |
| 3. | EXPEPIMENTÁLNÍ ČÁST | 35 |
| 3.1 | JEMNOST PŘÍZE | 35 |
| 3.2 | ZÁKRUT PŘÍZE | 35 |
| 3.3 | PŘIDÁVÁNÍ A ODEBÍRÁNÍ OVINŮ | 37 |
| 3.4 | PEVNOST V TAHU A TAŽNOST PŘÍZE | 40 |
| 3.5 | ZAPLNĚNÍ PŘÍZE | 44 |
| 3.5.1 | VÝPOČET KONSTANTY M | 46 |
| 3.5.2 | POROVNÁNÍ HODNOT ZAPLNĚNÍ | 48 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.6 | SKLON VLÁKEN V PŘÍZI..... | 49 |
| 3.6.1 | OBJEKTIVNÍ METODA..... | 50 |
| 3.6.2 | SUBJEKTIVNÍ METODA..... | 51 |
| 3.7 | PRŮMĚR PŘÍZE..... | 53 |
| 3.7.1 | OBJEKTIVNÍ METODA..... | 53 |
| 3.7.2 | SUBJEKTIVNÍ METODA..... | 53 |
| 3.8 | CHLUPATOST PŘÍZE | 56 |
| 3.9 | SMYČKOVITOST PŘÍZE | 57 |
| 3.10 | MNOŽSTVÍ AVIVÁŽE NA VLÁKNECH | 59 |
| 3.11 | STANOVENÍ KRITICKÉHO KOEFICIENTU ZÁKRUTU Z EXPERIMENTÁLNĚ ZJIŠTĚNÝCH HODNOT..... | 60 |
| 3.12 | POROVNÁNÍ PŘÍZÍ Z POLYPROPYLENU S BAVLNĚNÝMI PŘÍZEMI..... | 61 |
| 3.13 | POROVNÁNÍ EXPERIMENTÁLNÍCH PEVNOSTÍ PŘÍZÍ S MODELÝ ... | 62 |
| 3.14 | POROVNÁNÍ KRITICKÉHO ZÁKRUTOVÉHO KOEFICIENTU | 65 |
| 3.15 | PRŮMĚRNÉ TAHOVÉ KŘIVKY..... | 66 |
| 4. | ZÁVĚR..... | 70 |
| | LITERATURA | 72 |
| | SEZNAM PŘÍLOH..... | 74 |

1. ÚVOD

Technický pokrok zasahuje prakticky do celé oblasti lidské činnosti. Jinak tomu není ani v textilním průmyslu, kde strojní zařízení, technologické postupy, ale i textilní vlákna zaznamenaly velký pokrok ve vývoji. Do nejvýznamnějších oblastí textilní výroby patří dnes převážně vývoj a výroba funkčních oděvů a technických textilií.

Moderní člověk klade na oděvy vysoké požadavky. S rozvojem sportu, outdoorových aktivit a současně s nebezpečností některých zaměstnání, se začal klást velký důraz na oděv. Chce, aby se v nich cítil pohodlně a zároveň ho chránil proti povětrnostním vlivům, UV záření, ohni apod. Za tímto účelem byly vyvinuty, a stále jsou vyvíjeny, materiály splňující i ty nejnáročnější potřeby, lze je nazvat jako materiály funkční či smart textie.

V dnešním moderním životě se s technickými textiliemi můžeme setkat téměř kdekoli - ve stavebnictví, dopravě, zdravotnictví, u výrobků pro sport a volný čas, při výrobě nábytku a v mnoha dalších průmyslových odvětvích.

V diplomové práci jsou popsány vlastnosti přízí, vlivy na pevnost a modely predikce pevnosti přízí. Dále je stanoven kritický zákrutový koeficient polypropylenových přízí, který je porovnán s bavlněnými přízemi a s modely pevnosti přízí.

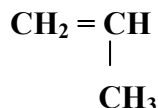
2. REŠERŠE

V této kapitole jsou popsány vlastnosti polypropylenových vláken, dále hlavní charakteristické vlastnosti přízí – jemnost, zaplnění, průměr, chlupatost, zákrut, koeficient zákrutu, pevnost, tažnost, vlastnosti ovlivňující pevnost přízí a metody predikce pevnosti přízí.

2.1 POLYPROPYLEN (PP)

Jsou to syntetická vlákna s voskovým omakem a leskem, obecně mají kruhový průřez, ale pro speciální použití se vyrábí s nejrůznějšími profily [1].

Molekula propylenu (monomer) se skládá ze tří uhlíků a šesti vodíků s dvojnou vazbou ve struktuře, která je při polymeraci využita [2]



PP stříž je vyrobená běžnou technologií zvlákňování z taveniny. K výrobě se používá granulát. Pro zlepšení zpracovatelských vlastností je na vlákno nanášena aviváž. V základním provedení mají vlákna charakteristicky bílou barvu. Pro vyrobení barevných vláken se ke granulátu přidává pigmentové barvivo na polypropylenovém nosiči, určené pro barvení v hmotě [3].

Základní parametry vláken jsou dány průměrem použitých zvlákňovacích trysek a rychlostí odtahových válců (tj. jemnost vláken), stupněm dloužení (tj. pevnost a tažnost vláken), stupněm zkadeření (tj. počet obloučků) a vzdáleností nožů na řezacím kole (tj. délka stříhu) [3].

Modifikovaným typem jsou vlákna se stabilitou proti UV záření, s nehořlavou úpravou, baktericidní úpravou, antistatickou úpravou atd. K základní surovině PP granulátu je přidáván koncentrát na polypropylenovém nosiči zajišťující požadované modifikace a úpravy [3].

Tab. 1 Vlastnosti běžně vyráběných PP vláken [4]

| Vlastnosti | Jednotky | Hodnoty |
|-----------------------|------------------------------------|-----------|
| Měrná hmotnost | kg m ⁻³ | 910 |
| Jemnost vláken | dtex | 1,1 - 22 |
| Pevnost | cN dtex ⁻¹ | 1,5 - 6 |
| Pevnost za mokra | % | 100 |
| Tažnost | % | 15 - 60 |
| Tažnost za mokra | % | 44 |
| Koeficient tření | - | 0,25 |
| Teplota žehlení | °C | max. 130 |
| Teplota měknutí | °C | 149 - 154 |
| Teplota tání | °C | 165 - 170 |
| Navlhavost při RH 65% | % | 0 – 0,005 |
| Tepelná vodivost | mW m ⁻¹ K ⁻¹ | 120 |

2.1.1 VLASTNOSTI POLYPROPYLENOVÝCH VLÁKEN

Chemicky jsou PP vlákna inertní, porušují se jen kyselinou sírovou a kyselinou dusičnou. Vlákná lze barvit pouze ve hmotě, díky tomu se vyznačují vysokou stálostí barvy. Mají přiměřenou zotavovací schopnost, nevyvolávají alergie. Jsou lipofilní, tzn. vážou tuky tedy i potní tuk, proto je lze označit za vlákna s dobrými hygienickými (fyziologickými) vlastnostmi. Nenapadají je mikroorganismy a hmyz. PP je výborný izolační materiál, prakticky neabsorbuje molekuly vody nebo jen velmi málo. K nevýhodám PP vláken patří snadná zápalnost.

Polypropylenová stříž se pro své antibakteriální a nenavlhající vlastnosti uplatňuje při výrobě funkčních a outdoorových oděvů. Dále se používá pro výrobu dekoračních tkanin, pletenin pro vrchní ošacení, koberců, stuh apod. Polypropylenová vlákna se také používají ve směsi s přírodními vlákny na výrobu tkanin a pletenin.

Z technických aplikací jsou z PP vlákna významné textilie pro geotextilie, zde mají separační, ochrannou, filtrační, zpevňovací funkci a nemají negativní vliv na kvalitu pitné vody. Dále pro hygienu, filtrační tkaniny, rybářské sítě, lana, pneumatické kordy, pásové dopravníky, automobilový, stavební průmysl a jiné [1, 2, 4].

2.2 PŘÍZE

Příze představuje délkovou textilií, která je složena ze spřadatelných vláken, zpevněná zákrutem nebo pojením tak, že při přetrhu příze dochází i k přetrhu jednotlivých vláken [5].

Přízi lze charakterizovat souborem vlastností. Běžně se sledují tyto parametry a vlastnosti: jemnost (délková hmotnost), zákrut, pevnost, tažnost, chlupatost, vzhled a hmotová nestejnoměrnost [6].

2.2.1 JEMNOST

Jemnost příze podle normy ČSN EN ISO 2060 nazýváme délkovou hmotností definovanou poměrem mezi hmotností příze a její délkou. Podle způsobu vyjádření pak můžeme rozlišovat vyjadřování hmotnostní a délkové [5, 7].

Jednotkou délkové hmotnosti je 1 tex, jehož fyzikální rozměr je podle [5]

$$1[\text{tex}] = \frac{1[\text{g}]}{1[\text{km}]} \quad (1)$$

Hmotnostní vyjádření jemnosti příze

$$T = \frac{m}{L} = \frac{\rho \cdot V_v}{L} = \rho \cdot S \quad [\text{tex}] \quad (2)$$

kde T je jemnost příze v [tex], m je hmotnost příze v [g], L je délka příze v [km], ρ je měrná hmotnost vláken v [kg m^{-3}], V_v je objem vláken v [m^3] a S je plocha příčného řezu vlákna v [mm^2] podle [5, 8].

2.2.2 ZAPLNĚNÍ

Zaplnění je definováno jako podíl objemu vláken ku celkovému objemu vláknenného útvaru v intervalu $<0;1>$.

$$\mu = \frac{V_v}{V_c} \quad [-] \quad (3)$$

kde μ je zaplnění v [-], V_v je objem vláken v [m^3], V_c je celkový objem příze v [m^3].

Zaplnění lze také vyjádřit poměrem ploch vláken k celkové ploše průřezu příze.

$$\mu = \frac{S}{S_c} \quad [-] \quad (4)$$

kde μ je zaplnění v [-], S je plocha vláken v [mm²], S_c je celková plocha v [mm²].

Zaplnění se po průřezu příze mění. Nejvyšších hodnot dosahuje v jádře příze k povrchu přes oblast husté chlupatosti k oblasti řídké chlupatosti zaplnění klesá. Zaplnění je ovlivněno vlákny, jemností, zákrutem a technologií výroby příze [8].

2.2.3 PRŮMĚR

Pokud se z příze odstraní všechny vzduch a stlačí se, stává se z ní homogenní váleček o substančním průměru příze, který je definován jako

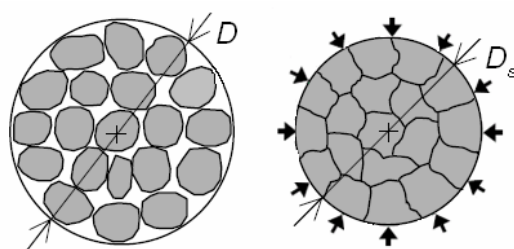
$$D_s = \sqrt{\frac{4T}{\pi\rho}} \quad [\text{mm}] \quad (5)$$

kde D_s je substanční průměr příze v [mm], T je jemnost příze v [tex], ρ je měrná hmotnost vláken v [kg m⁻³].

Skutečná příze není homogenním válcem. Mezi vlákny se vyskytují vzduchové mezery. Hustota stěsnání vláken po průřezu není rovnoměrná a směrem k povrchu přechází spojitě do oblasti chlupatosti.

$$D = \sqrt{\frac{4T}{\pi\mu\rho}} \quad [\text{mm}] \quad (6)$$

kde D je průměr příze v [mm], T je jemnost příze v [tex], μ je zaplnění v [-], ρ je měrná hmotnost vláken v [kg m⁻³].



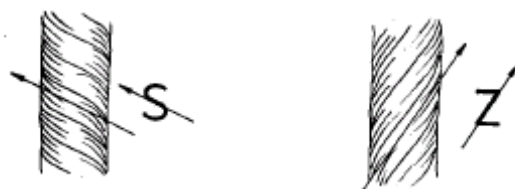
Obr. 1 Průřez a substanční průřez příze

Mezi průměrem a substančním průměrem příze platí vztah: $D > D_s$, podle [8].

2.2.4 ZÁKRUT

Principem zpevnění vláken ve vlákenném svazku je zvýšení jejich kontaktů, vzájemné přitlačení vláken k sobě a tím také zvýšení tření mezi vlákny. Vazné body v přízi nebo niti jsou tedy realizovány zhutněním vlákenného svazku prostřednictvím zákrutu. Toto zhutnění se provádí jak u krátkých vláken (staplových), která musí být před zakroucením urovnána do rovnoběžné polohy (paralelizována), tak i u vláken dlouhých – hedvábí s ochranným zákrutem.

Zákrut vyjadřuje počet otáček O_l na délku l_0 , které vloží zakrucovací pracovní orgán (vřeteno, křídlo, rotor u bezvřetenového předení, atd.) do paralelizovaného vlákenného svazku na jeho určitou délku. Následkem zakrucování při předení popř. skaní dochází ke zkracování původní délky – k seskání. Podle směru zakrucování urovnaného vlákenného svazku označujeme zákrut jako levý (S) a pravý (Z), viz. obr. 3, [11].



Obr. 2 Levý a pravý směr zákrutu

Strojní zákrut přízi lze vyjádřit

$$Z = \frac{n}{v} \quad [\text{m}^{-1}] \quad (7)$$

kde Z je počet zákrutů v $[\text{m}^{-1}]$, n jsou otáčky zákrutového ústrojí v $[\text{min}^{-1}]$ a v je odváděcí rychlost v $[\text{m min}^{-1}]$.

Zkrácení původní délky dáno vztahem

$$\Delta l = l_0 - l_1 \quad [\text{mm}] \quad (8)$$

kde Δl je změna délky v $[\text{mm}]$, l_0 je upínací délka v $[\text{mm}]$ a l_1 je délka po přikroucení příze v $[\text{mm}]$.

Seskání přízi je definováno dle vztahu

$$\delta_s = \frac{\Delta l}{l_0} 10^2 \quad [\%] \quad (9)$$

kde δ_s je seskání příze v $[\%]$, Δl je změna délky v $[\text{mm}]$ a l_0 je upínací délka v $[\text{mm}]$, podle [11].

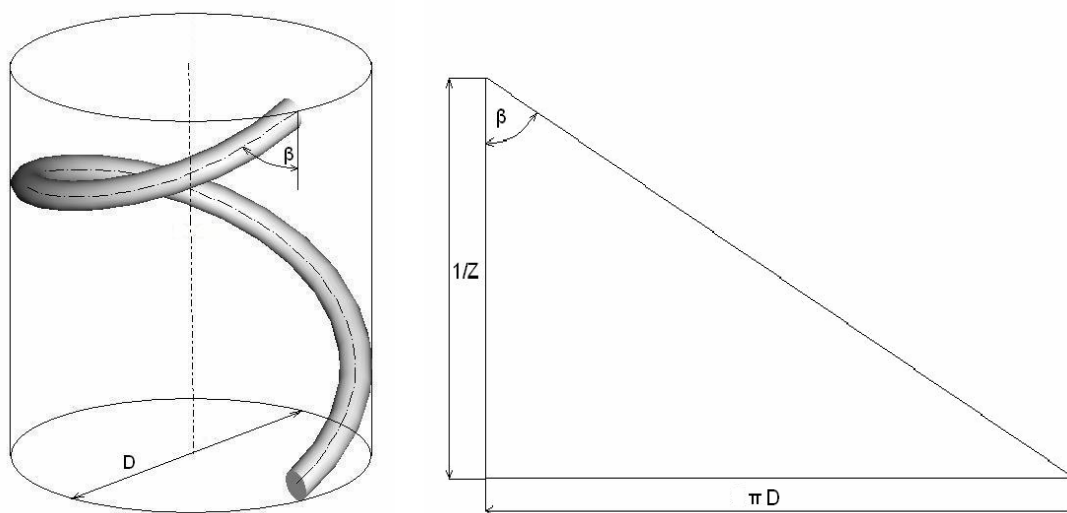
Exaktní popis struktury příze z hlediska uspořádání vláken je obtížný, proto se často užívá šroubovicový model příze (obr. 4), který vychází z následujících předpokladů:

- příze tvoří válec o průměru D
- idealizovaná vlákna mají tvar šroubovice
- vlákna jsou válcová a jejich průřezem je kruh o průměru d
- výška stoupání šroubovice je $1/Z$.

Pro intenzitu zákrutu χ příze platí

$$\operatorname{tg} \beta = \chi = \pi D Z \quad (10)$$

kde χ je intenzita zákrutu v [-], D je průměr příze v [mm], Z je zákrut příze v [m^{-1}], podle [8, 12].



Obr. 3 Šroubovicový model příze

Zákrut přízí lze také definovat vztahem

$$\frac{\left(\frac{\mu}{\mu_m}\right)^{5/2}}{\left(1 - \left(\frac{\mu}{\mu_m}\right)^3\right)^3} = \frac{M \sqrt{\pi}}{2000 \mu^{5/2} \sqrt{\rho}} (Z T^{1/4})^2 \quad (11)$$

kde μ je zaplnění v [-], μ_m je mezní zaplnění v [-], M je materiálově technologická konstanta v [m], ρ je měrná hmotnost vláken v [kg m^{-3}], Z je zákrut příze v [m^{-1}], T je jemnost příze v [tex].

2.2.4.1 KOEFICIENT ZÁKRUTU

Příze se může definovat koeficientem zákrutu, který závisí na zákrutu a jemnosti příze (nebo ploše vláken – plošný zákrutový koeficient). Rozeznáváme dva druhy zákrutového koeficientu Kőchlinův a Phrixův.

Kőchlinův zákrutový koeficient se zpravidla používá pro hrubší útvary, např. přásty.

$$\alpha = ZT^{1/2} \quad \alpha[m^{-1}ktex^{1/2}] = \frac{Z[m^{-1}]T^{2/3}[tex]}{31,623} \quad (12)$$

kde α je Kőchlinův zákrutový koeficient v $[m^{-1} ktex^{1/2}]$, Z je zákrut příze v $[m^{-1}]$ a T je jemnost příze v $[tex]$.

Plošný Kőchlinův zákrutový koeficient je definován vztahem

$$\alpha_s = ZS^{1/2} \quad \alpha_s[-] = \frac{Z[m^{-1}]S^{1/2}[mm^2]}{10^3} \quad (13)$$

kde α_s je plošný Kőchlinův zákrutový koeficient v $[-]$, Z je zákrut příze v $[m^{-1}]$, S je plocha vláken v $[mm^2]$.

Pro příze se používá Phrixův zákrutový koeficient

$$a = ZT^{2/3} \quad a[m^{-1}ktex^{2/3}] = \frac{Z[m^{-1}]T^{2/3}[tex]}{10^2} \quad (14)$$

kde a je Phrixův zákrutový koeficient v $[m^{-1} ktex^{2/3}]$, Z je zákrut příze v $[m^{-1}]$ a T je jemnost příze v $[tex]$.

Plošný Phrixův zákrutový koeficient je definován vztahem

$$\alpha_s = ZS^{2/3} \quad \alpha_s[m^{1/3}] = \frac{Z[m^{-1}]S^{2/3}[mm^2]}{10^4} \quad (15)$$

kde α_s je plošný Phrixův zákrutový koeficient v $[m^{1/3}]$, Z je zákrut příze v $[m^{-1}]$, S je plocha vláken $[mm^2]$, podle [6, 8, 12].

2.2.4.2 PŘIDÁVÁNÍ OVINŮ

K základnímu zákrutu Z_I se kroutícím orgánem zákrutoměru mohou přidávat nebo ubírat oviny O_I [-]. Skutečný počet zákrutů přikroucené příze je vyjádřeno vztahem

$$Z_v = \frac{Z_I}{1 - \frac{\Delta l_I}{l_0}} + \frac{O_I}{l_0 - \Delta l_I} \quad [\text{m}^{-1}] \quad (16)$$

kde Z_v je počet zákrutů přikroucené příze v $[\text{m}^{-1}]$, Z_I je počet zákrutů původní příze v $[\text{m}^{-1}]$, Δl_I je změna délky při přikrucování odečtená ze zákrutoměru v $[\text{m}]$, l_0 je upínací délka v $[\text{m}]$ a O_I je počet přidáných ovinů v [-], podle [9].

Při přikrucování příze se původní jemnost T_I mění na jemnost T_2 . Vztah změny jemnosti je definován

$$T_2 = \frac{l_0}{l_I} T_I \quad [\text{tex}] \quad (17)$$

kde T_2 je jemnost přikroucené příze v $[\text{tex}]$, l_0 je upínací délka příze v $[\text{mm}]$, l_I je délka přikroucené příze v $[\text{mm}]$ a T_I je jemnost původní příze v $[\text{tex}]$, podle [6].

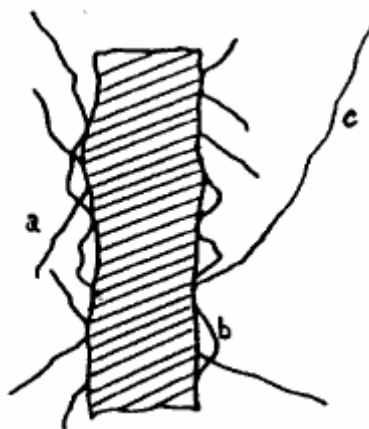
2.2.5 CHLUPATOST

Chlupatost je charakterizovaná množstvím z příze nebo plošné textilie vystupujících nebo volně pohyblivých konců vláken, nebo vlákenných smyček. Kritériem pro posuzování je počet odstávajících vláken, jako délkových jednotek, nebo plošných jednotek, ve směru kolmém k přízi, nebo plošně naměřeného odstupu konců vláken.

Výrazným způsobem ovlivňuje jak zpracovatelské vlastnosti příze (setkatelnost, spotřebu šlichty, spotřeby substancí pro zušlechťovací procesy, atd.), tak i užité vlastnosti koncového produktu (omak, zaplnění plošné textilie, vzhled, nopky atd.) Při posuzování těchto vlastností lze odlišovat dva typy chlupatosti.

Hustá chlupatost, tj. jakýsi „mech“ na přízi, je těsně přiléhající k vnitřní části příze. Vytvářejí ji vyčnívající konce vláken (obr. 2 – vlákno a) nebo smyčky vláken klenuté ven z těla příze (obr. 2 – vlákno b). Hustá chlupatost ovlivňuje užité vlastnosti textilií.

Řídká chlupatost, tj. dlouhé konce vláken (obr. 2 – vlákno c), které většinou negativně ovlivňují zpracovatelské vlastnosti i užité vlastnosti např. vznik žmolků [8, 10].



Obr. 4 Kolmý průřez příze

2.2.6 PEVNOST A TAŽNOST

Pevnost příze zachytává okamžik porušení, ke kterému dochází v nejslabším a nejméně pevném místě zatěžované příze. V dlouhém úseku příze je předpoklad, že se vyskytne aspoň jedno slabé místo, které bude mít predispozici k nižší pevnosti [8]. Protikladem je krátký úsek příze, na kterém se nemusí vyskytnout ani jedno slabé místo, z čeho vyplývá, že jeho pevnost bude větší.

Pevnost příze je určena upínací délkou, rychlostí čelistí trhačského přístroje, dále pevností samotného vláknenného materiálu a strukturálními faktory – zejména zákrutem, stupněm napřímení vláken, migrací vláken a dalšími vlivy.

Kvantitativní vyjadřování této vlastnosti provádíme jednak jako absolutní pevnost v tahu a vyjadřujeme v jednotkách síly [N]. Daleko běžnějším a pro textilní praxi vhodnějším je použití tzv. poměrné pevnosti

$$R = \frac{F}{T} \quad [\text{N tex}^{-1}] \quad (18)$$

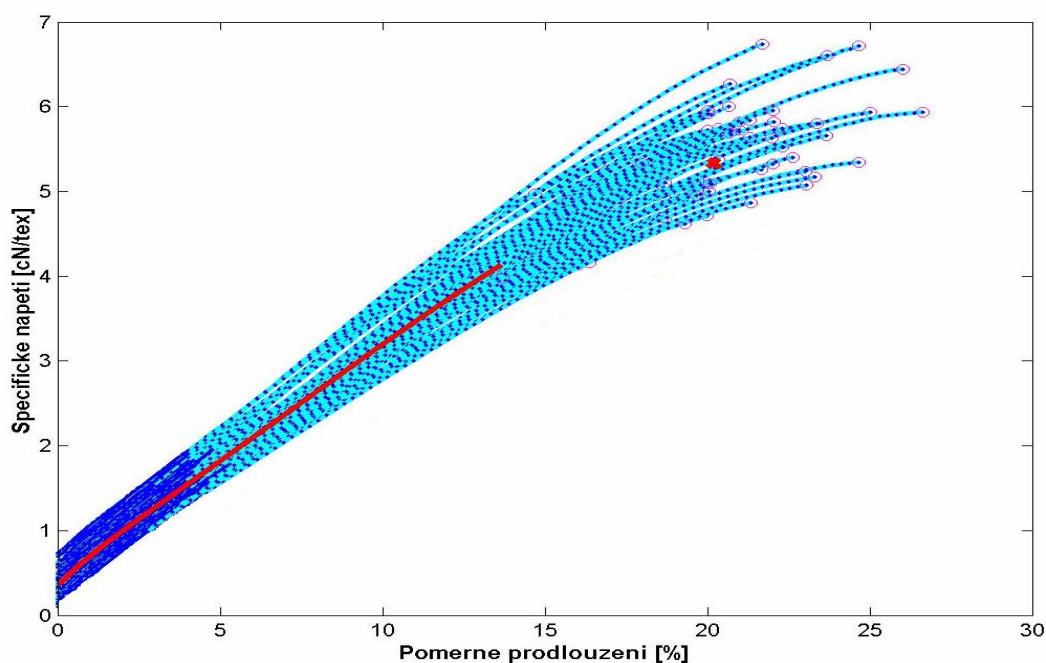
kde R je poměrná pevnost v tahu v $[\text{N tex}^{-1}]$, F je absolutní pevnost v tahu v [N], T je jemnost příze v [tex], podle [6].

Tažností příze se rozumí celkové poměrné prodloužení při přetržení, které vyjádříme podle vztahu

$$\varepsilon = \frac{l_p - l_0}{l_0} 10^2 \quad [\%] \quad (19)$$

kde ε je tažnost v [%], l_p je max. vzdálenost čelistí v okamžiku přetrhu v [m] a l_0 je původní vzdálenost čelistí v [m], podle [6].

Grafické znázornění závislosti mezi tahovou silou potřebnou na přetrhnutí příze a prodloužení příze se nazývá tahová křivka. Konstrukce průměrných tahových křivek se realizuje ze soustavy tahových křivek jednotlivých přízí. K destrukci přízí dochází při různých hodnotách tažnosti a poměrné pevnosti. Minimální hodnoty těchto veličin se stávají limitujícími pro průměrnou tahovou křivku. Ze soustavy jednotlivých tahových křivek se vytvoří soubor průměrných bodů. Přeložením křivky přes tyto průměrné body vzniká průměrná tahová křivka. Na obr. 5 je znázorněno schéma průměrné tahové křivky [9].



Obr. 5 Schéma průměrné tahové křivky

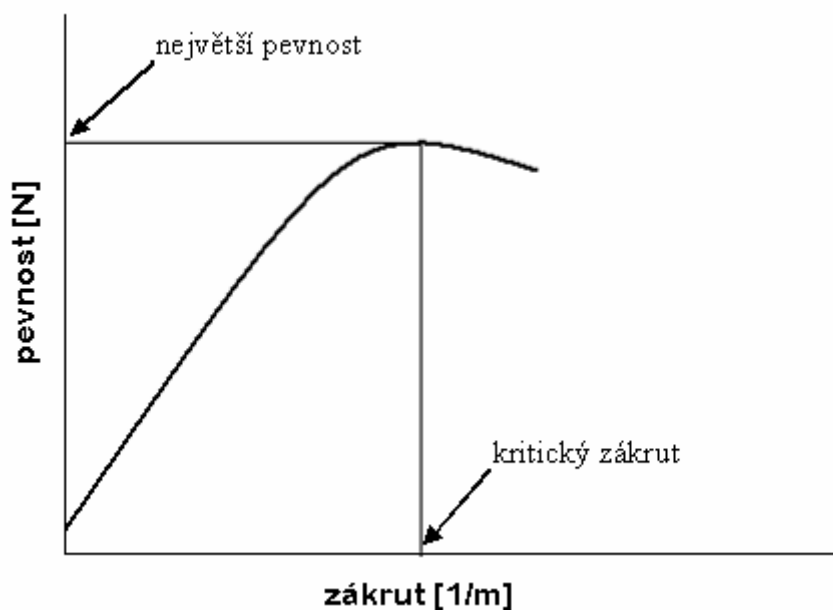
2.2.7 VLASTNOSTI OVLIVŇJÍCÍ PEVNOST PŘÍZE

Pevnost a tažnost příze ovlivňuje velké množství faktorů. Z hlediska vlákenné suroviny je to jemnost, délka, pevnost vláken, variabilita pevnosti a tažnosti vláken. Z hlediska příze je pevnost ovlivněna jemností (počet vláken v příčném řezu) a zákrutem příze, které souvisí se zaplněním. Významným faktorem je technologie výroby příze, která vede k charakteristickému uspořádání vláken v přízi a tím i ovlivnění celkových vlastností. Nezanedbatelný vliv má také vnitřní uspořádání vláken v přízi. Mezi hlavní faktory ovlivňující pevnost příze patří sklon vláken k ose příze, navlnění vláken, prokluzu a migrace vláken [13].

2.2.7.1 KRITICKÝ KOEFICIENT ZÁKRUTU

Vztah mezi pevností a zákrutem příze byl předmětem studia řady autorů. Nepatrnou pevnost vykazuje již svazek nezakroucených vláken, ta je výsledkem přirozené soudržnosti vlákenného materiálu. Při nízkých hodnotách zákrutu příze vlákna prokluzují. S rostoucím zákrutem dochází ke stlačení a lepšímu sevření vláken, což omezuje možnosti prokluzu.

Na obr. 6 je znázorněna závislost mezi pevností a zákrutem příze. Platí, že po hranici kritického zákrutu pevnost příze s počtem zákrutů narůstá. Za touto hranicí klesá v důsledku překroucení vláken [8].



Obr. 6 Závislost mezi pevností a zákrutem příze

Autoři zabývající se touto problematikou, stanovili empiricko – experimentální vztahy na výpočet kritického koeficientu zákrutu α_k [$\text{m}^{-1} \text{ktex}^{1/2}$] pro bavlnu [8].

O. Johanson stanovil aproximaci typu

$$\alpha_k = 234,12T^{-0,06915} \quad (20)$$

N. Solověv na výpočet kritického koeficientu zákrutu vytvořil vztahy

- tvar při daných hodnotách materiálu

$$\alpha_k = 116,7 + 56,9\sqrt{T} \quad (21)$$

- aproximovaný výraz

$$\alpha_k = 147,78T^{-0,04371} \quad (22)$$

K. I. Korickij zavedl na výpočet kritického koeficientu zákrutu vztahy

- aproximovaný tvar výrazu

$$\alpha_k = 214,6T^{-0,125} \quad (23)$$

- obecný typ výrazu

$$\alpha_k = 1713\sqrt[4]{t} / \sqrt[8]{l_m} \sqrt{T} \quad (24)$$

kde α_k je kritický koeficient zákrutu v [$\text{m}^{-1} \text{ktex}^{1/2}$], T je jemnost příze v [tex], t je jemnost vlákna v [tex] a l_m je modální délka vlákna v [mm].

S použitím vztahů (2), (12) a (13) lze říci

$$\alpha = \alpha_s \sqrt{\rho} \quad (25)$$

Lze určit předpoklad, že pro plošný kritický zákrutový koeficient platí

$$\alpha_k = \alpha_{sk} \sqrt{\rho} \quad (26)$$

Pro podíl kritického zákrutového koeficientu polypropylenu a bavlny platí

$$\frac{\alpha_k PP}{\alpha_k CO} = \frac{\alpha_{sk} PP \sqrt{\rho_{PP}}}{\alpha_{sk} CO \sqrt{\rho_{CO}}} = \frac{\alpha_{sk} \sqrt{910}}{\alpha_{sk} \sqrt{1520}} \quad (27)$$

Za předpokladu, že $\alpha_{sk} PP$ je shodné s $\alpha_{sk} CO$, platí vztah

$$\alpha_{sk} PP = 0,77 \alpha_{sk} CO \quad (28)$$

kde α je Köchlinův zákrutový koeficient v [$\text{m}^{-1} \text{ktex}^{1/2}$], Z je zákrut příze v [m^{-1}], T je jemnost příze v [tex], S je plocha vláken v [mm^2], ρ je měrná hmotnost vláken

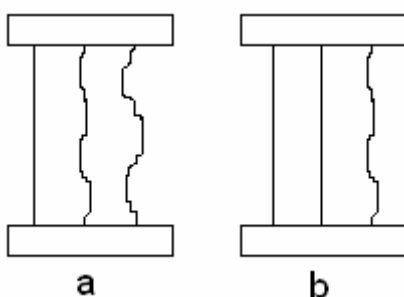
v $[\text{kg m}^{-3}]$, α_s je plošný Kőchlinův zákrutový koeficient v $[-]$, α_k je kritický koeficient zákrutu v $[\text{m}^{-1} \text{ktex}^{1/2}]$ a α_{sk} je plošný kritický zákrutový koeficient.

2.2.7.2 VLIV SKLONU VLÁKEN

Sklon vláken k ose příze je jedním z hlavních faktorů ovlivňujících pevnost zakrouceného svazku. Šroubovicový model je idea, v reálné přízi mají vlákna jiné sklony vláken v jádru a na povrchu příze [8].

2.2.7.3 VLIV NAVLNĚNÍ VLÁKEN

Vlákna se v přízi dotýkají a v místech styku se vzájemně silově ovlivňují. Vlákna v přízi zaujímají různé prostorové útvary. Mohou být buď přímkové nebo navlněné (zaobloučkové, zkadeřené). Na výsledném charakteru tahové křivky se toto navlnění projevuje často významným způsobem. Na obr. 7a jsou upnutá tři různá vlákna ve svěrných čelistech. První vlákno je přímkové, druhé a třetí vlákno je v různé míře navlněno.



Obr. 7 Vliv navlnění vláken při tahovém namáhání

a) vlákna v čelistech b) oddálení čelistí

Při oddálení čelistí (obr. 7b) se první vlákno prodlužuje a vzniká v něm napínací síla. Druhé vlákno se nejprve vyrovnalo a teprve poté se začalo napínat, proto v něm bude menší pevnost než v prvním vlákně. Třetí vlákno se ve znázorněném okamžiku dosud nevyrovnalo a nepřenáší žádnou sílu. Vlákna v přízi, která jsou mezi kontaktními místy navlněna, nepřenášejí plně sílu. Výsledná síla působící na čelisti je menší než síla, jež by při stejném oddálení čelistí vznikla použitím trojice přímkových vláken [8].

2.2.7.4 VLIV PROKLUZŮ VLÁKEN

Příze jsou spřádány ze staplových vláken tj. vláken určité délky, při tahovém namáhání příze dochází k postupnému napínání jednotlivých vláken, jejichž konce mohou vůči okolí prokluzovat. Prokluzující konce pak přenášejí menší sílu než ostatní neprokluzující části, což se projevuje ve snížení pevnosti [8].

2.2.7.5 VLIV MIGRACE VLÁKEN

V přízi jsou jednotlivá vlákna vzájemně propletena a díky tomu je výsledný útvar samosvorný. Úseky migrujících vláken svírají s osou příze různě velké úhly, v průměru větší než odpovídá šroubovicovému uspořádání. Při zvětšujícím se úhlu dochází ke snižování využití vlákna při jeho tahovém namáhání a na druhé straně přispívá k větší soudržnosti [8].

2.3 METODY PREDIKCE PEVNOSTI PŘÍZE

Relativní (poměrná) pevnost příze bývá často vyjadřována ve formě součinnového vztahu:

$$\sigma_p = \sigma_v \Phi_{vp} = \sigma_s \Phi_{sv} = \sigma_v \Phi_{vs} \Phi_{sp} \quad [\text{N tex}^{-1}] \quad (29)$$

kde σ_p je poměrná pevnost příze v $[\text{N tex}^{-1}]$, σ_v je poměrná pevnost vláken v $[\text{N tex}^{-1}]$, Φ_{vp} je využití pevnosti vláken v přízi v [-], σ_s je poměrná pevnost svazku příze v $[\text{N tex}^{-1}]$, Φ_{vs} je využití pevnosti vláken ve svazku v [-], Φ_{sp} je využití pevnosti svazku vláken v přízi v [-]. Jednotlivé hodnoty využití pevností jsou menší než 1 [8, 13].

Největší pevnost mají vlákna, menší hodnotu pevnosti dosahuje svazek vláken a nejnižší pevnost má příze, která je ovlivněna sklony vláken, prokluzy vláken, navlněním vláken, třením mezi vlákny apod.

2.3.1 PREDIKCE PEVNOSTI PŘÍZÍ DLE N. PANA

Pevnost vláken je popsána dle Weibullova rozdělení [14]

$$F(\sigma) = 1 - \exp\left(-l_y \alpha_y \sigma_y^{\beta_y}\right) \quad [-] \quad (30)$$

kde l_y je upínací délka vláken v [mm], α_y je parametr sklonu k ose příze [-], σ_y je pevnost vláken v [N tex⁻¹], β_y je parametr tvaru rozložení v [-].

Střední hodnota pevnosti vláken $\bar{\sigma}_y$ a směrodatná odchylka $s_{\bar{\sigma}}$ jsou definovány

$$\bar{\sigma}_y = (l_y \alpha_y)^{\frac{1}{\beta_y}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta_y}\right) \quad [\text{N tex}^{-1}] \quad (31)$$

kde Γ je gamma funkce.

$$s_{\sigma_y} = \sigma_y \left(\frac{\Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta_y}\right)}{\Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\beta_y}\right)} - 1 \right)^{\frac{1}{2}} \quad [\text{N tex}^{-1}] \quad (32)$$

Pro dané $\bar{\sigma}_y$ a $s_{\bar{\sigma}}$ vláken se najdou parametry α_y a β_y z Weibullova rozdělení podle rovnice minimalizace kde $\beta \in \langle 1; 9 \rangle$ podle [15].

$$\bar{\sigma}_y \left(\frac{\Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta_y}\right)}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta_y}\right)} - 1 \right)^{\frac{1}{2}} - s_{\bar{\sigma}} = 0 \quad (33)$$

$$\Phi_{vs} = \left(\frac{1}{u}\right)^{-u} \exp(-u) / \Gamma(1+u) = u^u \exp(-u) / \Gamma(1+u) \quad (34)$$

Pro velké svazky (počet vláken ve svazku $n > 100$) odvodil Daniels, že pevnost svazku σ_s může být aproximována normálním rozdělením.

Distribuční funkce Normálního rozdělení je $H(\delta_b)$ se určí

$$H(\sigma_s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} s_{\delta_b}} \exp \left[-\frac{\left(\sigma_s - \bar{\sigma}_s \right)^2}{2 s_{\delta_b}^2} \right] \quad (35)$$

Průměrná hodnota pevnosti svazku vláken $\bar{\sigma}_s$ je rovna

$$\bar{\sigma}_s = (l_y \alpha_y \beta_y)^{-\frac{1}{\beta_y}} \exp \left(-\frac{1}{\beta_y} \right) \quad [\text{N tex}^{-1}] \quad (36)$$

Směrodatná odchylka pevnosti s_{δ_b} je

$$s_{\delta_b} = (l_y \alpha_y \beta_y)^{-\frac{2}{\beta_y}} \cdot \exp \left(-\frac{1}{\beta_y} \right) \cdot \left(1 - \exp \frac{1}{\beta_y} \right) \cdot N_y^{-1} \quad [\text{N tex}^{-1}] \quad (37)$$

Pro využití pevnosti svazku vláken v přízi je navržen vztah

$$\Phi_{SP} = V_f \eta_\beta \quad [-] \quad (38)$$

kde V_f je objemový podíl vláken v [-], tj. regresně definované zaplnění, η_α je faktor orientace v [-].

Pro zaplnění je navržen následující regresní vztah [14], který uvažuje mezní hodnotu zaplnění 0,7.

$$V_f = 0,7(1 - 0,78 \exp(-0,195 T_y)) \quad [-] \quad (39)$$

kde V_f je zaplnění [-], T_y je třeba použít v jednotkách $\text{cm}^{-1} \text{tex}^{1/2}$. Jedná se o Koechlinův zákrutový koeficient α , který se v praxi používá v jednotkách $\text{m}^{-1} \text{tex}^{1/2}$. Platí následující přepočet

$$T_y = 10^{-2} \sqrt{T} Z = \alpha \sqrt{1000} / 100 \quad [\text{cm}^{-1} \text{tex}^{1/2}] \quad (40)$$

kde T je jemnost příze v [tex], Z je počet zákrutů příze v [m^{-1}], α je Koechlinův zákrutový koeficient v [$\text{m}^{-1} \text{tex}^{1/2}$].

Na základě intenzity zákrutu, pro kterou platí vztah (10), a vztahu pro průměr příze (kapitola 2.2.3) je odvozen vztah

$$\beta_D = \arctg \left(\alpha \sqrt{\frac{4\pi}{\rho V_f}} / \sqrt{10^3} \right) \quad (41)$$

kde ρ je hustota vláken v [kg m^{-3}].

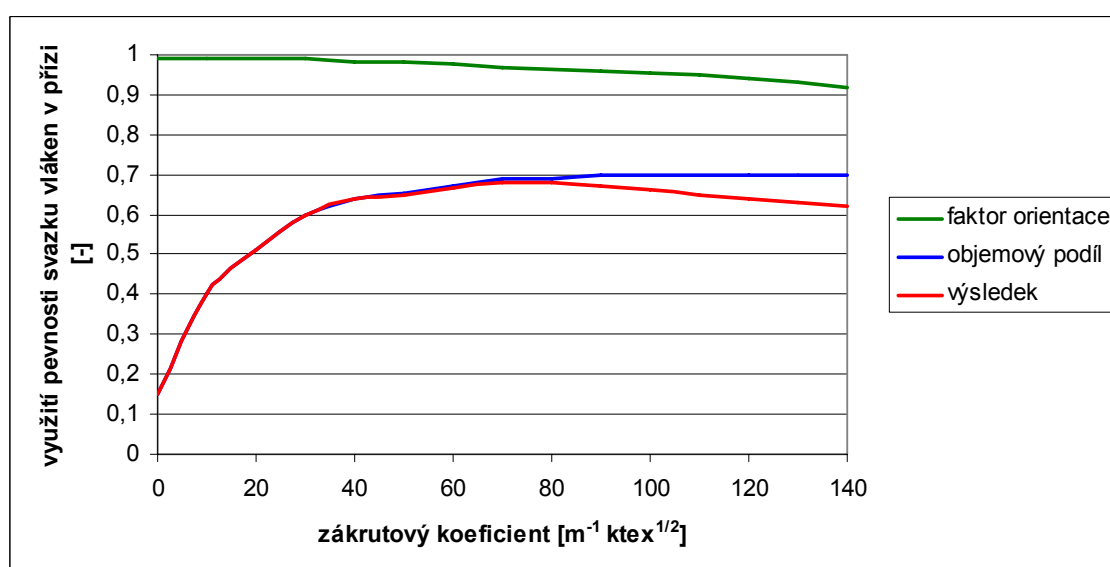
Poissonův poměr příze η je v tomto případě závislý na úhlu β_D dle vztahu

$$\eta = \frac{\sin^5 \beta_D}{2(1 - \cos^3 \beta_D) \left(\frac{1}{2} \beta_D - \frac{1}{4} \sin 2\beta_D \right)} \quad [-] \quad (42)$$

Faktor orientace vláken η_β má následující vztah

$$\eta_\beta = \frac{2\beta_D(1 - \eta) + (1 + \eta)\sin 2\beta_D}{4\beta_D} \quad [-] \quad (43)$$

Na obr. 8 je zobrazeno využití pevnosti svazku vláken v přízi podle vztahu (38) a výše uvedených vlastností ovlivňujících pevnost dle Pana [13, 14, 15,].



Obr. 8 Využití pevnosti svazku vláken v přízi dle Pana

2.3.2 PREDIKCE PEVNOSTI PŘÍZÍ DLE A. N. SOLOVĚVA

Pevnosti přízí dle Solověva [8] je součinnový vztah

$$\sigma_p = \sigma_v f_n f_l f_\alpha \eta \quad [\text{N tex}^{-1}] \quad (44)$$

kde σ_p je poměrná pevnost příze v $[\text{N tex}^{-1}]$, σ_v je poměrná pevnost vlákna v $[\text{N tex}^{-1}]$, f_n je vliv počtu vláken v $[-]$, f_l je vliv délky vláken v $[-]$, f_α je závislost pevnosti příze na koeficientu zákrutu a η je vliv použité technologie v $[-]$. Veličina η má hodnotu v intervalu $0,95 \div 1,1$. V průměru se do výpočtů dosazuje hodnota $\eta = 1$.

Součinitelé nabývají maximálně hodnoty 1 a zmenšují tak o příslušné vlivy poměrnou pevnost vláken.

Solověv dále navrhnul následující vztahy

$$f_n = 1 - C.H - \frac{K}{\sqrt{\frac{T}{t}}} \quad [-] \quad (45)$$

kde C a K jsou vhodné konstanty, H je charakteristika technologického procesu, T je jemnost příze v [tex], t je jemnost vláken v [tex].

$$f_l = 1 - \frac{h}{l} \quad [-] \quad (46)$$

kde h je empirická materiálová konstanta v [-], l je délka vláken v [mm].

Pro určení součinitele vlivu zákrutu byly tabelovány hodnoty pro některé materiály. Ve [6] jsou pro bavlněné příze nahrazeny tabulkové hodnoty vztahem

$$f_\alpha = 1 + \delta_\alpha^2 \left[6,67 \cdot 10^{-7} \cdot \delta_\alpha - \frac{0,02027}{179,4 + (\delta_\alpha + 10)^2} - 8 \cdot 10^{-5} \right] \quad (47)$$

$$\delta_\alpha = \alpha - \alpha_k \quad [\text{m}^{-1} \text{ktex}^{1/2}]$$

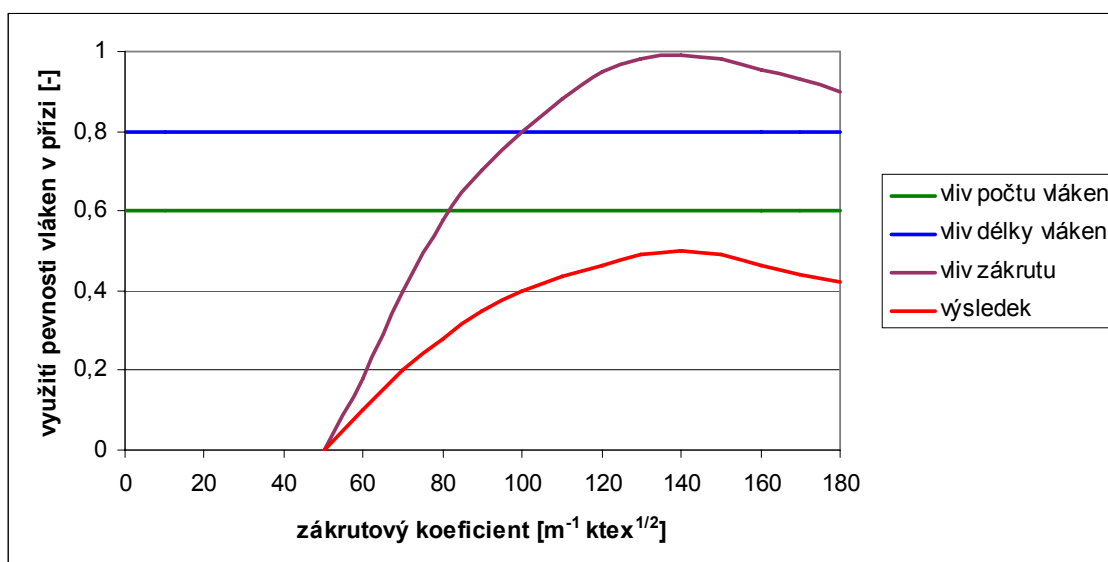
kde δ_α je v $[\text{m}^{-1} \text{ktex}^{1/2}]$, α je Kőchlinův zákrutový koeficient v $[\text{m}^{-1} \text{ktex}^{1/2}]$, α_k je Kőchlinův kritický zákrutový koeficient v $[\text{m}^{-1} \text{ktex}^{1/2}]$.

Kőchlinův kritický zákrutový koeficient α_k se odvozuje podle vztahu

$$\alpha_k = (55 \cdot T^{0,0908}) \frac{\sqrt{10}}{\sqrt[6]{T}} \quad [\text{m}^{-1} \text{ktex}^{1/2}] \quad (48)$$

kde α_k je Kőchlinův kritický zákrutový koeficient v $[\text{m}^{-1} \text{ktex}^{1/2}]$, T je jemnost příze v [tex].

Na obr. 9 je zobrazeno využití pevnosti vláken v přízi podle vztahu (44) a výše uvedených vlastností ovlivňujících pevnost dle Solověva [8, 13].



Obr. 9 Využití pevnosti svazku vláken v přízi dle Solověva

2.3.3 PREDIKCE PEVNOSTI PŘÍZÍ DLE NECKÁŘE

Poměrná pevnost příze podle Neckáře se určí ze vztahu

$$\sigma_p = \sigma_v \Phi_{vp} \quad [\text{N tex}^{-1}] \quad (49)$$

kde σ_p je poměrná pevnost příze v $[\text{N tex}^{-1}]$, σ_v je poměrná pevnost vlákna v $[\text{N tex}^{-1}]$, Φ_{vp} je využití pevnosti vláken v přízi v $[-]$ podle [8].

Využití pevnosti vláken se dle Neckáře [8] určí

$$\Phi_{vp} = \varphi \psi \gamma \omega \quad [-] \quad (50)$$

kde Φ_{vp} je využití pevnosti vláken v přízi v $[-]$, φ je vliv sklonu vláken v $[-]$, ψ je vliv navlnění vláken v $[-]$, γ je vliv prokluzu vláken v $[-]$, ω je vliv vlákenné migrace v $[-]$.

Vliv sklonu vláken se určí ze vztahů

$$\varphi = (1 + \eta_{kor}) \cos^2 \beta_D + \eta_{kor} (\ln \cos^2 \beta_D) / \lg^2 \beta_D \quad (51)$$

$$\eta_{kor} = [2(\eta + 2)(r_c / R)^2 - (4 - 3\eta)] / 5 \quad (52)$$

kde η má význam Poissonova poměru příze, její korigovaná hodnota se označuje η_{kor} . Pro η [8] je navržena hodnota 0,5, kdy při malých deformacích a je zachován objem příze.

Vliv navlnění vláken je dán vztahy

$$\psi = \left\{ \frac{1 + \varepsilon_h}{\varepsilon_h} \left[\frac{1 + \bar{\xi}}{1 + 2\bar{\xi}} + \frac{\bar{\xi}}{1 + 2\bar{\xi}} (1 + \varepsilon_h)^{-\left(2\bar{\xi} + 1\right)/\bar{\xi}} \right] - \frac{1}{\varepsilon_h} \right\} \quad (53)$$

kde ψ je vliv navlnění vláken, ε_h je poměrné prodloužení příze, $\bar{\xi}$ je mechanicky vyrovnatelné navlnění.

Pro veličinu $\bar{\xi}$ je navržen vztah za předpokladu Paretova rozložení

$$\bar{\xi} = \xi_0 e^{-K\tilde{\mu}} (1 - \tilde{\mu} / \mu_m) \quad (54)$$

kde $\bar{\xi}$ je mechanicky vyrovnatelné navlnění, ξ_0 a K jsou konstanty, μ je zaplnění, μ_m je mezní zaplnění.

Vztahy pro vliv prokluzu vláken

$$\chi = \frac{\Phi_c}{\Phi} \left\{ 1 - A \left[\frac{(\Phi_c + 1) \ln(\Phi_c + 1)}{\Phi_c} - 1 \right] \right\} \quad (55)$$

$$\Phi_c = \min(\Phi; \Phi_{kluz}) \quad (56)$$

$$\Phi = (2B / A) \psi \varepsilon_h \quad (57)$$

$$\Phi_{kluz} = e^{1/A} - 1 \quad (58)$$

$$B = (E / k_p) (d / L) [1 / (k_q f)] (1 - \tilde{\mu}^3 / \mu_m^3)^3 / \tilde{\mu}^2 \quad (59)$$

$$A = [D / (2fL)] [4 / (\pi DZ)^2 + 1] \quad (60)$$

kde E je modul pružnosti vlákna v [Pa], k_p je konstanta tlaku v [Pa], d je průměr vlákna [mm], L je přibližně polovinou střední délky vláken (jako typické je uvažováno jednou přehnuté vlákno, které se rozdělí na dvojici kratších vláken), konstanta $k_q = 2/\pi$, f je součinitel tření vlákna v [mm], μ je zaplnění v [-], μ_m je mezní zaplnění v [-], D je průměr příze v [mm].

Vliv vlákně migrace je dán vztahem

$$\omega = k_s c \quad (61)$$

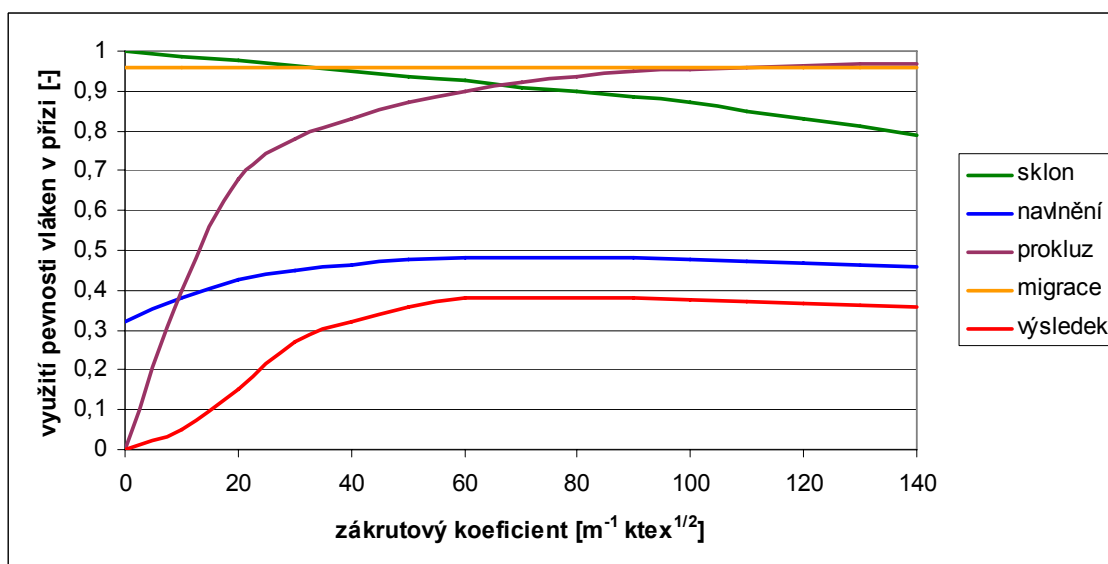
kde k_s je součinitel, který porovnává reálné uspořádání vláken s uspořádáním do šroubovic.

Hodnoty na výpočet pevnosti bavlny dle Neckáře jsou uvedené v tabulce 2, podle [8].

Tab. 2 Hodnoty pro výpočet pevnosti vláken dle Neckáře

| Veličina | Symbol | Hodnota |
|---------------------------------------|---------|----------------------------|
| měrná hmotnost | ρ | 1520 [kg m ⁻³] |
| poměr poloměrů | r_c/R | 0,5 |
| poměr příčné kontrakce | η | 0,5 |
| mezní zaplnění | μ_m | 0,8 |
| max. mechanicky vyrovnatelné navlnění | ξ_0 | 0,05 |
| konstanta | K | 3,18 |
| modul pružnosti vlákna | E | 6400 [MPa] |
| konstanta | k_q | $2/\sqrt{\pi}$ |
| součinitel tření | f | 0,45 [mm] |
| konstanta | k_s | 0,97 |
| konstanta | C | 0,99 |
| konstanta | k_p | 15 [MPa] |

Na obr. 10 je zobrazeno využití pevnosti vláken v přízi podle vztahu (50) a výše uvedených vlastností ovlivňujících pevnost dle Neckáře [8, 13].



Obr. 10 Využití pevnosti vláken v přízi dle Neckáře

2.4 TEORETICKÁ ÚVAHA

Uvažujme, že máme k dispozici bavlněná a polypropylenová vlákna o stejné jemnosti. Pouze pohled na tato dvě vlákna prozradí, že se od sebe výrazně liší – bavlna jako zakroucená stužka ledvinovitého příčného řezu, polypropylen spíše jako tyčinka.

Při stejné jemnosti polypropylenových a bavlněných vláken budou mít polypropylenová vlákna větší plochy příčných řezů než bavlněná vlákna. Plocha příčného řezu příze se rovná součtu ploch příčných řezů vláken. Mezi jemností příze a plochou příčného řezu příze platí vztah (2). Ze vztahu vyplývá, že při stejné jemnosti bude plocha příčného řezu příze z polypropylenu díky menší hustotě větší, než plocha příčného řezu bavlněné příze.

Z tohoto předpokladu plyne, že pokud budeme mít polypropylenové a bavlněné příze o stejném průměru, pak v polypropylenové přízi bude méně vláken než v bavlněné.

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experiment byl prováděn na 100% PP prstencových mykaných přízích o jemnostech 20tex, 25tex a 29,5tex a dále na třinácti kompaktních mykaných přízích o jemnostech 25tex, které měly různé zákruty.

Pro všechny měření byly použity klimatizované příze při teplotě 20°C a 65% vlhkosti, dle normy EN 20139 (ČSN 80 0056) [16].

3.1 JEMNOST PŘÍZE

Jemnost příze je definovaná v kapitole 2.2.1. Pro měření byla použita gravimetrická metoda zjištění jemnosti příze, dle normy ČSN EN ISO 2060. Tato metoda spočívá v přesném odměření délky příze a jejím přesném zvážení.

Měření bylo realizováno na navijáku, na němž byla navinuta přesná délka příze. Obvod křídleny byl přesně 1m. Takto odměřená délka byla zvážena na analytických vahách. Hodnoty byly dosazeny do vztahu (2).

Proměřené jemnosti použitých přízí jsou uvedeny v tabulce 4.

3.2 ZÁKRUT PŘÍZE

Zákrut příze je definován v kapitole 2.2.5. Pro zjištění zákrutů základních přízí byla použita metoda nepřímá s napínačem a omezovačem - pro jednoduché příze podle ČSN EN ISO 1890 (644022) [11, 17]. Zákruty byly proměřeny na zákrutoměru. Přístroj se skládá ze dvou čelistí, z nichž jedna je otočná a spojena s počítadlem otáček. Na zákrutoměru bylo nastaveno předpětí k dané jemnosti příze, viz. tabulka 3, upínací délka byla 50mm. Zkoušené příze byly upevněny do čelistí, přičemž musely být drženy na obou koncích, aby nedošlo ke změně zákrutů. Poté byly příze rozkrouceny a opět zakrouceny, odečetla se hodnota zákrutů na 1m. Pro každou přízi bylo provedeno 50 měření.

Tab. 3 Použité předpětí pro dané jemnosti přízí

| Jemnost přízí | Předpětí |
|---------------|----------|
| 20tex | 8g |
| 25tex | 10g |
| 29,5tex | 11g |

Průměrné hodnoty zákrutů použitých přízí jsou uvedeny v tabulce 4. Hodnoty v tabulce 4 byly vypočítány: koeficient zákrutu α [$\text{m}^{-1} \text{ktex}^{1/2}$] podle vztahu (12), koeficient zákrutu a [$\text{m}^{-1} \text{ktex}^{2/3}$] podle vztahu (14). Tabulky naměřených hodnot zákrutů přízí jsou uvedeny v příloze č. 1.

Tab. 4 Hodnoty jemnosti, zákrutu a koeficientu zákrutu

| Příze | Jemnost j_m [tex] | Jemnost _{reál} [tex] | Z_{jm} [m^{-1}] | $Z_{reál}$ [m^{-1}] | α [$\text{m}^{-1} \text{ktex}^{1/2}$] | a [$\text{m}^{-1} \text{ktex}^{2/3}$] |
|------------|------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Prstencové | 20 | 20,7 | 737 | 737 | 104,227 | 56,268 |
| | 25 | 25,95 | 661 | 661 | 104,513 | 56,456 |
| | 29,5 | 30,94 | 571 | 571 | 98,606 | 54,913 |
| Kompaktní | 25 | 25,48 | 409 | 391 | 62,413 | 33,857 |
| | | 25,68 | 468 | 451 | 72,272 | 39,255 |
| | | 25,88 | 526 | 531 | 85,423 | 46,457 |
| | | 25,97 | 585 | 595 | 95,885 | 52,182 |
| | | 25,52 | 643 | 632 | 100,961 | 54,782 |
| | | 25,68 | 702 | 712 | 114,097 | 61,973 |
| | | 25,50 | 760 | 777 | 124,076 | 67,319 |
| | | 26 | 819 | 837 | 134,961 | 73,455 |
| | | 25,73 | 877 | 922 | 147,893 | 80,362 |
| | | 25,62 | 936 | 981 | 157,020 | 85,259 |
| | | 25,22 | 994 | 1041 | 165,318 | 89,526 |
| | | 25,65 | 1053 | 1152 | 184,499 | 100,189 |
| | | 25,64 | 1111 | 1210 | 193,750 | 105,210 |

3.3 PŘIDÁVÁNÍ A ODEBÍRÁNÍ OVINŮ

Přidávání a odebírání ovinů bylo prováděno pouze na prstencových PP přízích o jemnostech 20tex, 25tex a 29,5tex. Experiment byl realizován na zákrutoměru QUIDO HANH. Tento zákrutoměr byl zvolen díky vhodné upínací délce max. 750mm. Speciálním držákem bylo potřeba přenést 500mm přikroucené příze na trhací přístroj.

Na zákrutoměru bylo nastaveno předpětí k dané jemnosti příze, upínací délka byla 650mm. Přikroucený počet ovinů bylo nutno přepočítat na délku 1m. Přízím o jemnostech 20tex a 25tex byly přikrouceny oviny v hodnotách: 16, 32, 48, 64, 96, 128, 160, 192. Příze 29,5tex byly rozkrouceny o 32 ovinů a přikrouceny oviny v hodnotách: 32, 64, 96, 128, 160. Součástí zákrutoměru je zařízení pro odečet zkrácení přikroucené příze v [mm]. Průměrné hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 5, 6 a 7. Tabulky naměřených hodnot seskání přízí jsou uvedeny v příloze č. 1.

Hodnoty v tabulkách 5, 6 a 7 byly vypočítány: zákrut Z [m^{-1}] podle vztahu (16), jemnost T [tex] podle vztahu (17), koeficient zákrutu α [$\text{m}^{-1} \text{ktex}^{1/2}$] podle vztahu (12), koeficient zákrutu a [$\text{m}^{-1} \text{k tex}^{2/3}$] podle vztahu (14) a seskání přikroucené příze δ_s [%] podle vztahu (9). Na obr. 11 je zobrazena závislost seskání δ_s [%] na zákrutu Z [m^{-1}], závislost seskání δ_s [%] na počtu přidávaných ovinů O [-] je na obr. 12.

Tab.5 Hodnoty zákrutu, jemnosti, koeficientu zákrutu, seskání pro prstencovou přízi 20tex

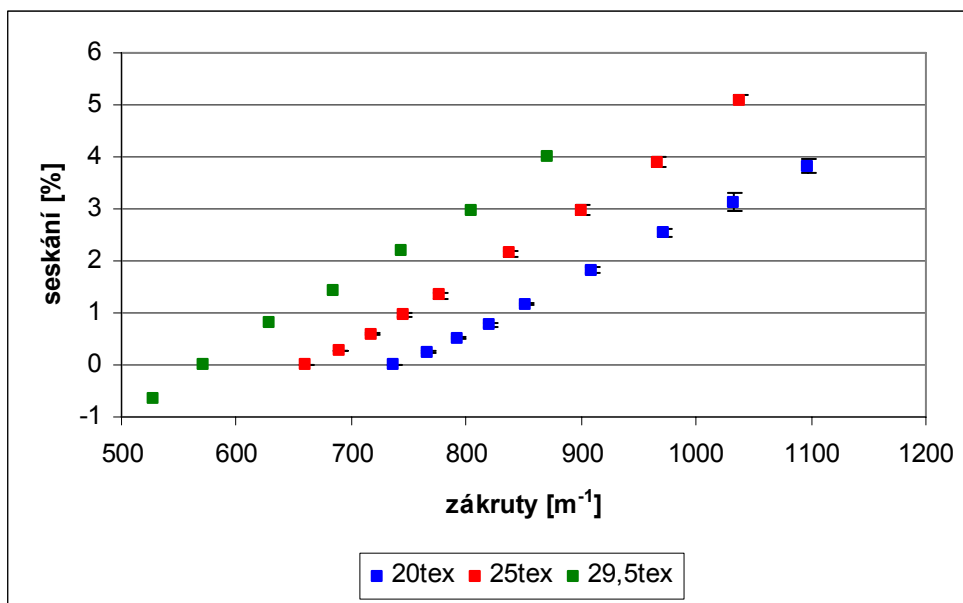
| O [-] | Z [m^{-1}] | T [tex] | α [$\text{m}^{-1} \text{ktex}^{1/2}$] | a [$\text{m}^{-1} \text{ktex}^{2/3}$] | δ_s [%] |
|-----------------|---------------------------------|-------------------|---|---|-------------------------------------|
| 0 | 737 | 20,536 | 104,227 | 54,302 | - |
| 16 | 767 | 20,672 | 108,827 | 56,766 | 0,236 |
| 32 | 793 | 20,698 | 112,587 | 58,738 | 0,508 |
| 48 | 821 | 20,785 | 116,807 | 60,984 | 0,778 |
| 64 | 851 | 20,912 | 121,446 | 68,332 | 1,169 |
| 96 | 910 | 21,127 | 130,532 | 73,542 | 1,819 |
| 128 | 972 | 21,368 | 140,217 | 73,542 | 2,531 |
| 160 | 1033 | 21,576 | 149,742 | 78,663 | 3,134 |
| 192 | 1097 | 21,819 | 159,914 | 84,162 | 3,824 |

Tab.6 Hodnoty zákrutu, jemnosti, koeficientu zákrutu, seskání pro prstencovou přízi 25tex

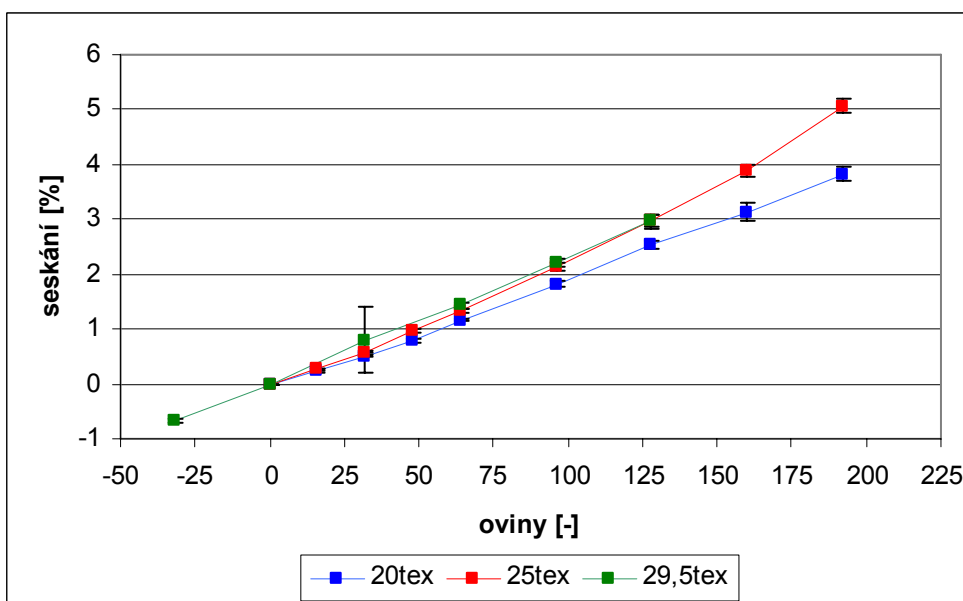
| O [-] | Z [m ⁻¹] | T [tex] | α [m ⁻¹ ktex ^{1/2}] | a [m ⁻¹ ktex ^{2/3}] | δ_s [%] |
|-----------------|--------------------------------|-------------------|--|--|-----------------------------|
| 0 | 661 | 24,958 | 104,513 | 56,516 | - |
| 16 | 689 | 25,062 | 109,166 | 59,075 | 0,269 |
| 32 | 717 | 25,185 | 113,879 | 61,676 | 0,584 |
| 48 | 746 | 25,331 | 118,831 | 64,417 | 0,957 |
| 64 | 776 | 25,479 | 123,972 | 67,271 | 1,332 |
| 96 | 837 | 25,808 | 134,575 | 73,179 | 2,141 |
| 128 | 900 | 26,158 | 145,681 | 79,398 | 2,981 |
| 160 | 966 | 26,551 | 157,535 | 89,071 | 3,899 |
| 192 | 1038 | 27,068 | 170,917 | 93,679 | 5,067 |

Tab.6 Hodnoty zákrutu, jemnosti, koeficientu zákrutu, seskání pro prstencovou přízi 29,5tex

| O [-] | Z [m ⁻¹] | T [tex] | α [m ⁻¹ ktex ^{1/2}] | a [m ⁻¹ ktex ^{2/3}] | δ_s [%] |
|-----------------|--------------------------------|-------------------|--|--|-----------------------------|
| -32 | 528 | 29,518 | 90,714 | 50,429 | -0,671 |
| 0 | 571 | 29,822 | 98,606 | 54,913 | - |
| 32 | 628 | 30,195 | 109,125 | 60,897 | 0,802 |
| 64 | 685 | 30,497 | 119,623 | 66,863 | 1,437 |
| 96 | 744 | 30,866 | 130,711 | 73,202 | 2,197 |
| 128 | 805 | 31,243 | 142,288 | 79,848 | 2,956 |
| 160 | 871 | 31,775 | 155,259 | 87,379 | 3,951 |



Obr. 11 Závislost seskání na zákrutu



Obr.12 Závislost seskání na počtu přidaných ovinů

Dle předpokladu má seskání přikroucených přízí stoupající trend. Na obr. 11 a 12 můžeme sledovat téměř lineární trend. Seskání přízí vyšších jemností dosahují vyšších hodnot seskání než jemnější příze.

3.4 PEVNOST V TAHU A TAŽNOST PŘÍZE

Pevnost a tažnost příze je definovaná v kapitole 2.2.6. Pevnost a tažnost jsou mechanické vlastnosti, a jejich experimentální zjišťování je dáno normou ČSN EN ISO 2062 (80 0700). Podstata měření spočívá v silovém působení na zkoušený vzorek až do jeho přetržení [6, 18].

Pevnost a tažnost příze byla měřena na přístroji Instron 4411. Přístroj má dvě čelisti, z jichž jedna je pevná a druhá se pohybuje konstantní rychlostí pro přízi 20tex 290mm/min, pro přízi 25tex a 29,5tex 320mm/min po celou dobu zkoušky. Zkušební vzorek byl ručně upnut do čelisti pomocí signálu nožního ovládání tak, aby osa příze procházela středem čelistí. Pohyblivá čelist byla uvedena do chodu a zkušební vzorek byl napínán až do přetrhu. Byla zaznamenána maximální síla (pevnost) a protažení při maximální síle.

Postup měření byl rozdílný pro základní příze a pro přikroucené příze. Při měření původní příze prstencové i kompaktní byla na přístroji nastavena upínací délka 500mm a předpětí podle normy - pro přízi 20tex předpětí 100N, pro přízi 25tex předpětí 125N a pro přízi 29,5tex předpětí 148N. Tyto příze byly vkládány ručně do trhacích čelistí. Bylo naměřeno 50 měření, pokud některé měření nesplňovalo normu doby přetrhu $20s \pm 3s$, bylo vyřazeno a nahrazeno novým měřením.

Přikroucené příze byly měřeny bez předpětí, upínací délka a nastavené rychlosti měření byly shodné se základní přízí, vyšší časový interval byl zanedbán. Příze ze zákrutoměru byly snímány pomocí speciálního držáku a ihned jím upínány do čelistí trhacího přístroje. Naměřeno bylo 100 měření a všechny hodnoty byly statisticky zpracovány. Ty jsou uvedeny v tabulkách 7, 8, 9 a 10, s 95% intervalem spolehlivosti: pevnosti při přetrhu P [N], poměrné pevnosti R [N/tex] (obr. 13) a tažnosti ε [%] (obr. 14).

Tab.7 Hodnoty koeficientu zákrutu, pevnosti, poměrné pevnosti, tažnosti
pro prstencovou přízi 20tex

| a [m⁻¹ ktex^{2/3}] | P [N] 95% IS | R [N/tex] 95% IS | ε [%] 95% IS |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 56,268 | 4,511 <4,353 ; 4,668> | 0,220 <0,212 ; 0,228> | 20,748 <20,267 ; 21,229> |
| 57,771 | 3,976 <3,811 ; 4,141> | 0,192 <0,184 ; 0,201> | 18,333 <17,409 ; 19,258> |
| 59,776 | 4,093 <3,935 ; 4,251> | 0,198 <0,191 ; 0,205> | 19,656 <18,764 ; 20,548> |
| 62,059 | 3,910 <3,760 ; 4,059> | 0,188 <0,181 ; 0,195> | 18,077 <17,317 ; 18,838> |
| 64,599 | 4,299 <4,146 ; 4,453> | 0,206 <0,198 ; 0,213> | 20,288 <19,444 ; 21,130> |
| 69,542 | 4,211 <4,066 ; 4,357> | 0,199 <0,192 ; 0,206> | 20,788 <21,679 ; 0,891> |
| 74,854 | 4,228 <4,105 ; 4,350> | 0,198 <0,192 ; 0,204> | 20,981 <20,199 ; 21,763> |
| 80,068 | 3,769 <3,598 ; 3,940> | 0,175 <0,167 ; 0,183> | 19,075 <18,055 ; 20,094> |
| 85,665 | 3,605 <3,449 ; 3,762> | 0,165 <0,158 ; 0,172> | 19,367 <18,407 ; 20,326> |

Tab.8 Hodnoty koeficientu zákrutu, pevnosti, poměrné pevnosti, tažnosti
pro prstencovou přízi 25tex

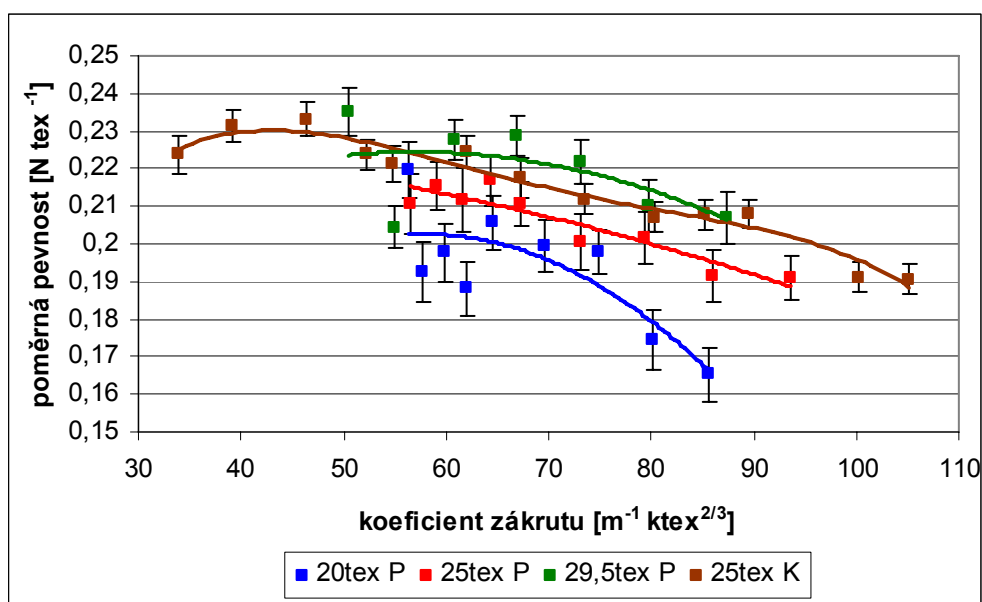
| a [m⁻¹ ktex^{2/3}] | P [N] 95% IS | R [N/tex] 95% IS | ε [%] 95% IS |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 56,456 | 5,259 <5,059 ; 5,458> | 0,211 <0,203 ; 0,219> | 19,888 <18,958 ; 20,818> |
| 59,006 | 5,404 <5,245 ; 5,564> | 5,4042 <5,245 ; 5,564> | 21,017 <20,207 ; 21,827> |
| 61,605 | 5,334 <5,119 ; 5,549> | 5,334 <5,119 ; 5,549> | 19,806 <18,889 ; 20,722> |
| 64,343 | 5,491 <5,321 ; 5,661> | 5,4909 <5,321 ; 5,661> | 21,118 <20,352 ; 21,884> |
| 67,194 | 5,366 <5,216 ; 5,517> | 5,3662 <5,216 ; 5,517> | 21,631 <20,926 ; 22,337> |
| 73,095 | 5,181 <4,989 ; 5,371> | 5,1800 <4,989 ; 5,371> | 20,905 <19,979 ; 21,829> |
| 79,308 | 5,279 <5,099 ; 5,459> | 5,2792 <5,099 ; 5,459> | 22,008 <21,156 ; 22,859> |
| 85,964 | 5,084 <4,894 ; 5,274> | 5,0842 <4,894 ; 5,274> | 21,039 <20,157 ; 21,922> |
| 93,576 | 5,177 <5,014 ; 5,334> | 5,1739 <5,014 ; 5,334> | 22,999 <22,149 ; 23,851> |

Tab. 9 Hodnoty koeficientu zákrutu, pevnosti, poměrné pevnosti, tažnosti
pro prstencovou přízi 29,5tex

| a [m⁻¹ ktex^{2/3}] | P [N] 95% IS | R [N/tex] 95% IS | ε [%] 95% IS |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 50,429 | 6,943 <6,758 ; 7,128> | 0,235 <0,229 ; 0,241> | 22,899 <22,229 ; 23,571> |
| 54,913 | 6,098 <5,930 ; 6,265> | 0,205 <0,199 ; 0,211> | 21,340 <20,875 ; 21,805> |
| 60,897 | 6,873 <6,713 ; 7,033> | 0,228 <0,222 ; 0,234> | 23,494 <22,855 ; 24,134> |
| 66,863 | 6,973 <6,814 ; 7,133 > | 0,229 <0,223 ; 0,235> | 24,269 <23,645 ; 24,892> |
| 73,202 | 6,849 <6,671 ; 7,027> | 0,222 <0,216 ; 0,228> | 23,987 <23,172 ; 24,802> |
| 79,848 | 6,568 <6,354 ; 6,782> | 0,210 <0,203 ; 0,217> | 24,648 <23,630 ; 25,666> |
| 87,379 | 6,579 <6,357 ; 6,801> | 0,207 <0,200 ; 0,214> | 24,387 <23,523 ; 25,251> |

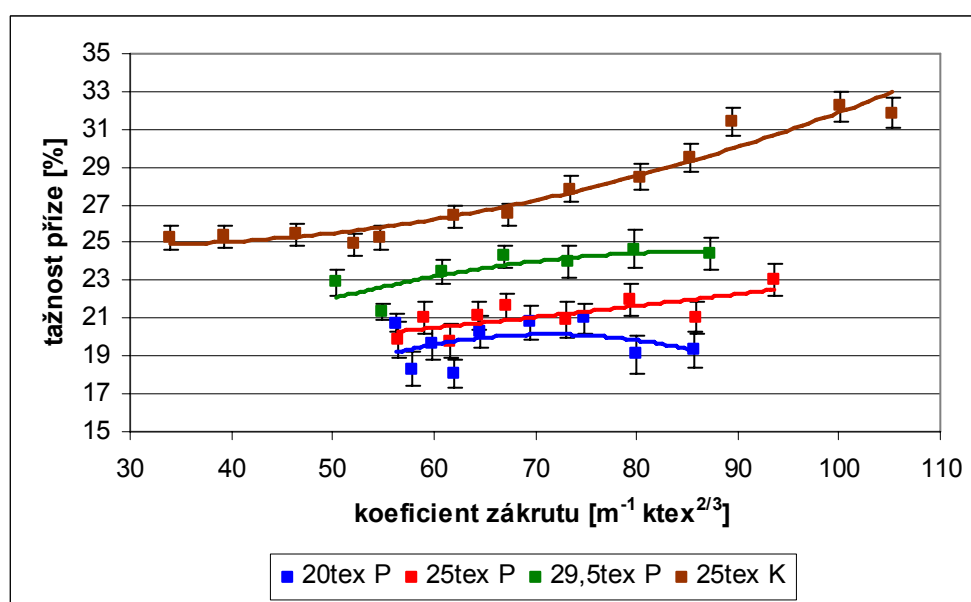
Tab. 10 Hodnoty koeficientu zákrutu, pevnosti, poměrné pevnosti, tažnosti
pro kompaktní příze 25tex

| a [m⁻¹ ktex^{2/3}] | P [N] 95% IS | R [N/tex] 95% IS | ε [%] 95% IS |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 33,857 | 5,699 <5,574 ; 5,825> | 0,224 <0,219 ; 0,229> | 25,286 <24,680 ; 25,892> |
| 39,255 | 5,942 <5,8389 ; 6,0451> | 0,231 <0,227 ; 0,235> | 25,335 <24,734 ; 25,937> |
| 46,457 | 6,032 <5,917 ; 6,147> | 0,233 <0,229 ; 0,238> | 25,425 <24,811 ; 26,038> |
| 52,182 | 5,811 <5,708 ; 5,914> | 0,224 <0,220 ; 0,228> | 24,936 <24,3602 ; 25,511> |
| 54,782 | 5,643 <5,518 ; 5,768> | 0,221 <0,216 ; 0,226> | 25,235 <24,585 ; 25,885> |
| 61,973 | 5,763 <5,656 ; 5,870> | 0,224 <0,220 ; 0,229> | 26,380 <25,778 ; 26,982> |
| 67,319 | 5,544 <5,407 ; 5,681> | 0,217 <0,212 ; 0,223> | 26,483 <25,881 ; 27,084> |
| 73,455 | 5,506 <5,402 ; 5,611> | 0,212 <0,208 ; 0,216> | 27,843 <27,175 ; 28,511> |
| 80,362 | 5,326 <5,224 ; 5,428> | 0,207 <0,203 ; 0,211> | 28,481 <27,767 ; 29,195> |
| 85,259 | 5,325 <5,225 ; 5,425> | 0,208 <0,204 ; 0,212> | 29,499 <28,772 ; 30,225> |
| 89,526 | 5,241 <5,14 8 ; 5,335> | 0,208 <0,204 ; 0,212> | 31,411 <30,706 ; 32,116> |
| 100,189 | 4,903 <4,800 ; 5,005> | 0,191 <0,187 ; 0,195> | 32,219 <31,419 ; 33,018> |
| 105,210 | 4,890 <4,782 ; 4,996> | 0,191 <0,187 ; 0,195> | 31,876 <31,092 ; 32,661> |



Obr. 13 Poměrné pevnosti polypropylenových přízí

Jak vyplývá z obr. 13 nejnižší hodnotu poměrné pevnosti má příze o jemnosti 20tex, naopak nejvyšší příze 29,5tex. Při prvních přikroucených ovinech u prstencových přízí o jemnostech 20tex a 25tex, poměrné pevnosti střídavě kolísají a následně klesají, mají klesající trend. Při odebrání ovinů u příze 29,5tex poměrná pevnost má vyšší hodnotu než základní. U řady kompaktních přízí o jemnostech 25tex poměrná pevnost nejprve stoupá, v hodnotě 46 zákrutového koeficientu dosahuje maximální hodnoty a dále klesá. Poměrné pevnosti kompaktních přízí dosahují vyšších hodnot než prstencové příze o shodné jemnosti 25tex.

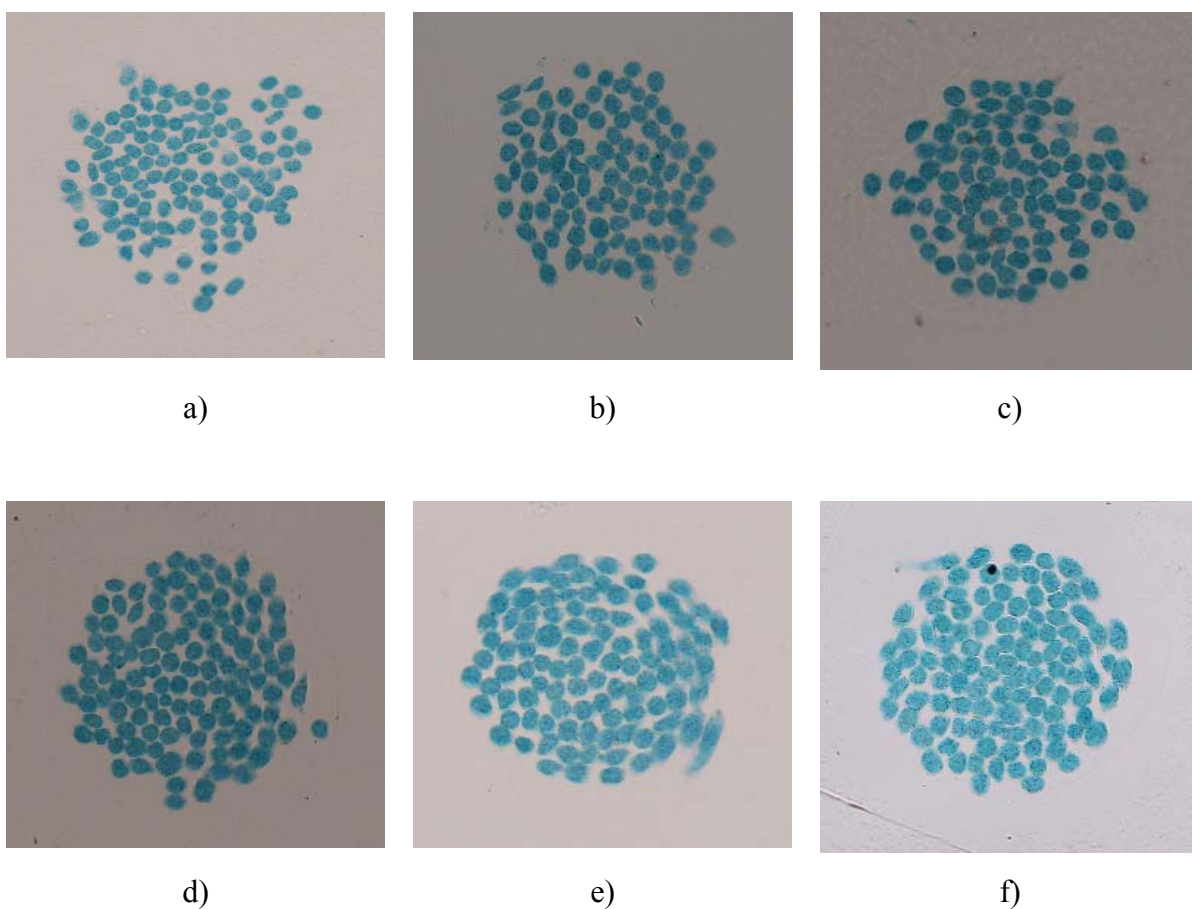


Obr. 14 Tažnosti polypropylenových přízí

Z grafu (obr. 14) vyplývá, že nejnižší hodnoty tažnosti má příze 20tex. Tažnosti prstencové příze 25tex velmi kolísají, přičemž trend je stoupající. Při odebrání ovinů u příze 29,5tex hodnota tažnosti je vyšší než základní a dále stoupají. U řady kompaktních přízí o jemnostech 25tex s rostoucím zákrutem hodnoty tažnosti stoupají a dosahují nejvyšších hodnot. Kompaktní příze dosahují vyšších tažností než prstencové příze.

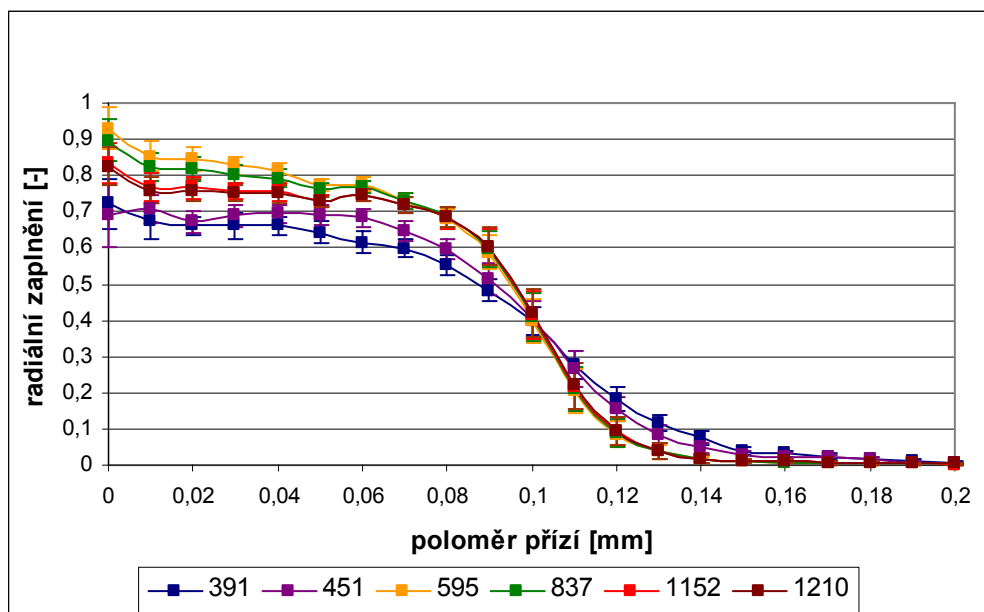
3.5 ZAPLNĚNÍ PŘÍZE

Měření bylo provedeno dle normy IN 22-103-01/01 [20]. Z důvodu náročnosti zkoušky byly provedeny příčné řezy pouze na šesti vybraných kompaktních přízích o jmenovité jemnosti 25tex s počtem zákrutů: 391 $[m^{-1}]$ (obr. 15a), 451 $[m^{-1}]$ (obr. 15b), 595 $[m^{-1}]$ (obr. 15c), 837 $[m^{-1}]$ (obr. 15d), 1152 $[m^{-1}]$ (obr. 15e) a 1210 $[m^{-1}]$ (obr. 15f).



Obr. 15 Příčné řezy přízí

Z každé příze bylo připraveno 30 řezů, ze kterých byl zjištěn efektivní průměr (tabulka 15) a radiální zaplnění přízí. Efektivní průměr příze z řezů je experimentálně určený průměr příze, lze ho určit jako hodnotu odpovídající průměrnému radiálnímu zaplnění 0,15. Hodnoty radiálního zaplnění 0,15 je smluvní hodnota, která tvoří teoretickou hranici mezi jádrem příze a obalem příze. Radiální zaplnění vybraných kompaktních přízí je zobrazeno na obr. 16.



Obr. 16 Radiální zaplnění přízí

Graf (obr. 16) znázorňuje zaplnění vybraných kompaktních PP přízí. Osa příze je v místě, kde mají příze největší zaplnění. Čím více se pohybujeme od osy příze, zaplnění klesá, čímž rozděljuje přízi na jádro a chlupatost. Zaplnění v ose přízí roste se zvyšujícím zákrutem, u hodnoty zákrutu 595 $[m^{-1}]$ dosahuje maxima a dále mírně klesá. Proto se můžeme domnívat, že kritický koeficient zákrutu kompaktních PP přízí o jmenovité jemnosti 25tex se nachází okolo této hodnoty. Pro určení přesnější hodnoty kritického zákrutového koeficientu by bylo vhodné, provést měření na všech třinácti přízích.

Aby bylo možné porovnat zaplnění dle Neckáře s hodnotami efektivního zaplnění a zaplnění dle Pana, je nutné pro něj vypočítat materiálově technologickou konstantu M .

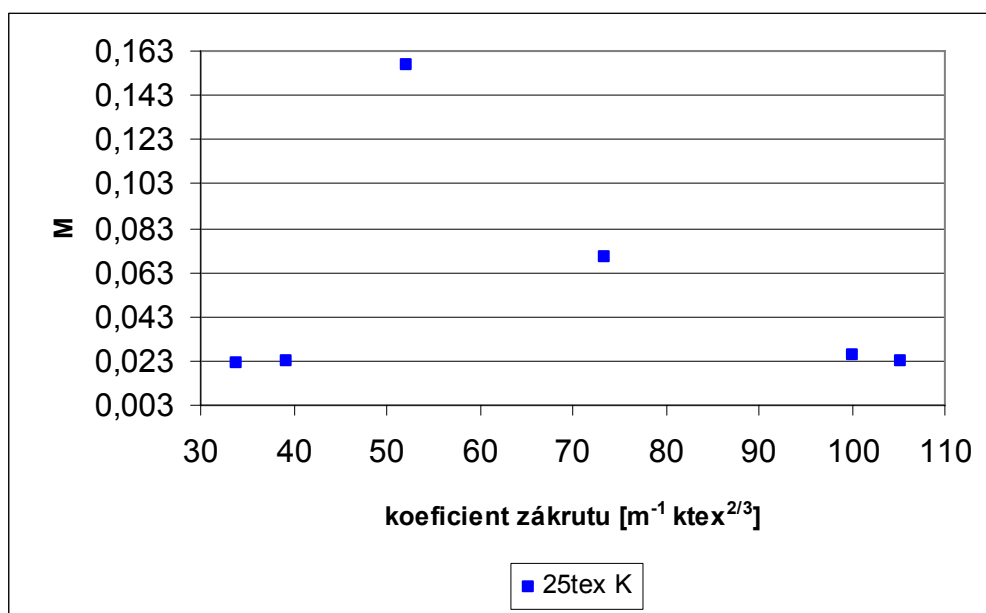
3.5.1 VÝPOČET KONSTANTY M

Pro další využití byly z řezů přízí zjištěny hodnoty materiálově technologických konstant M u základních PP přízí prstencových a kompaktních podle vztahu (11).

Vypočtené hodnoty konstant M jsou uvedeny v tabulce 11, graficky znázorněny na obr. 17.

Tab. 11 Vypočtené konstanty M z řezů přízí

| Příze | a [m ⁻¹ ktex ^{2/3}] | M [m] |
|-----------|---|------------|
| Kompaktní | 33,857 | 0,021766 |
| | 39,255 | 0,022752 |
| | 46,457 | - |
| | 52,182 | 0,156387 |
| | 54,782 | - |
| | 61,973 | - |
| | 67,319 | - |
| | 73,455 | 0,070214 |
| | 80,362 | - |
| | 85,259 | - |
| | 89,526 | - |
| | 100,189 | 0,025998 |
| | 105,210 | 0,022752 |



Obr. 17 Hodnoty konstant M

Hodnoty M (obr. 17) jsou nejprve téměř konstantní, na hodnotě 52 $[m^{-1} ktex^{2/3}]$ došlo k vychýlení a dále klesají.

Pro další využití byla pro řadu kompaktních přízí ze všech naměřených dat vypočtena průměrná hodnota konstanty M , viz. tabulka 12.

Tab. 12 Průměrná hodnota konstanty M

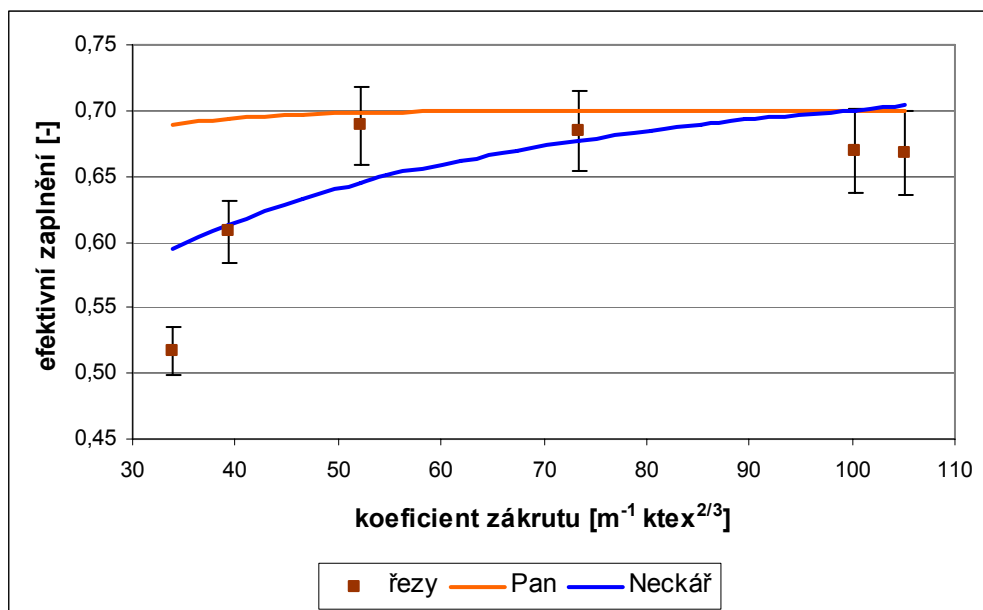
| Jemnost _{jm.} [tex] | a $[m^{-1} ktex^{2/3}]$ | M [m] |
|---|---|------------------------|
| 25 | 50,588 | 0,058462 |

3.5.2 POROVNÁNÍ HODNOT ZAPLNĚNÍ

Porovnání hodnot efektivního zaplnění hodnoty efektivního zaplnění, zaplnění dle Pana vypočtené podle vzorce (39) a zaplnění dle Neckáře vypočtené podle vzorce (11) jsou uvedeny v tabulce 13 a na obr. 18.

Tab. 13 Hodnoty efektivního zaplnění z řezů, zaplnění dle Pana a Neckáře

| Příze | a [m ⁻¹ ktex ^{2/3}] | Efekt. zaplnění [-] | Pan [-] | Neckář [-] |
|------------------|---|--------------------------|------------|---------------|
| Kompaktní | 33,857 | 0,517 <0,499 ; 0,535> | 0,6884 | 0,5943 |
| | 39,255 | 0,608 <0,584 ; 0,631> | 0,6937 | 0,6131 |
| | 46,457 | - | 0,6972 | 0,6326 |
| | 52,182 | 0,689 <0,659 ; 0,719> | 0,6985 | 0,6449 |
| | 54,782 | - | 0,6989 | 0,6507 |
| | 61,973 | - | 0,6995 | 0,6623 |
| | 67,319 | - | 0,6997 | 0,6701 |
| | 73,455 | 0,684 <0,653 ; 0,715> | 0,6999 | 0,6768 |
| | 80,362 | - | 0,6999 | 0,6843 |
| | 85,259 | - | 0,7000 | 0,6891 |
| | 89,526 | - | 0,7000 | 0,6931 |
| | 100,189 | 0,669 <0,638 ; 0,701> | 0,7000 | 0,7004 |
| | 105,210 | 0,668 <0,636 ; 0,700> | 0,7000 | 0,7037 |



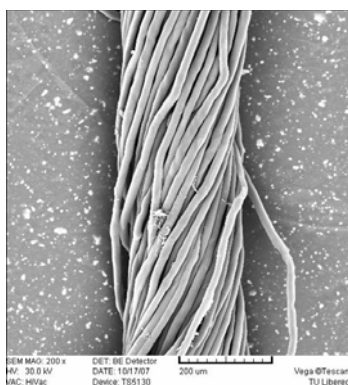
Obr. 18 Efektivní zaplnění přízí

Z grafu (obr. 18) vyplývá, že efektivní zaplnění přízí z řezů roste do hodnoty $52 [\text{m}^{-1} \text{ktex}^{2/3}]$, zde dosahuje maximální hodnoty 0,7 a pozvolna klesá. Zaplnění dle Pana nejprve dosahuje vyšších hodnot než z řezů, dále se nachází v jejich intervalu spolehlivosti, dosahuje maximálního zaplnění 0,7. Zaplnění dle Neckáře má podobný trend jako z řezů. Zaplnění přízí by mělo dosáhnout svého maxima a dále mít konstantní hodnotu.

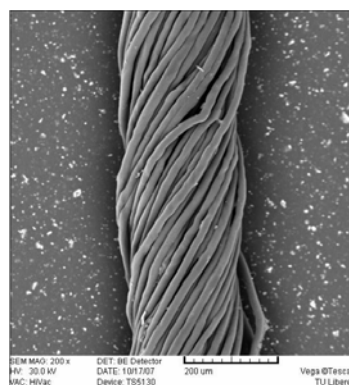
3.6 SKLON VLÁKEN V PŘÍZI

Vliv sklonu vláken na pevnost příze je definován v kapitole 2.2.7.2. Pro měření povrchových úhlů vláken na přízi byly nasnímány podélné pohledy přízí na elektronovém rastrovacím mikroskopu. Příze byly přilepeny na podkladové kolečko, aby nedošlo ke změně zákrutu (sklonu vláken), konce přízí byly zafixovány pomocí lepící pásky. Takto připravené vzorky přízí byly pozlaceny a vloženy do elektronového rastrovacího mikroskopu. Z každé příze na podkladovém kolečku byly z různých míst uloženy dva snímky o 200 násobném zvětšení.

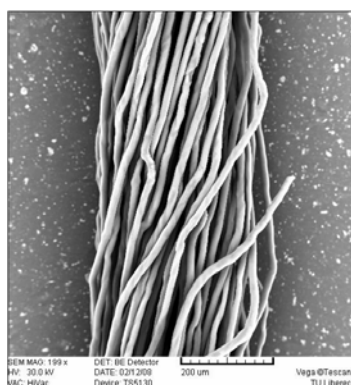
Podélné pohledy přízí byly nasnímány u prstencové příze o jmenovité jemnosti 29,5tex - pro základní přízi (obr. 19a) a přikroucenou o 160 ovinů (obr. 19b), dále pro kompaktní příze o jmenovité jemnosti 25tex s počtem zákrutů: $391 [\text{m}^{-1}]$ (obr. 19c), $531 [\text{m}^{-1}]$ (obr. 19d) a $1210 [\text{m}^{-1}]$ (obr. 19e).



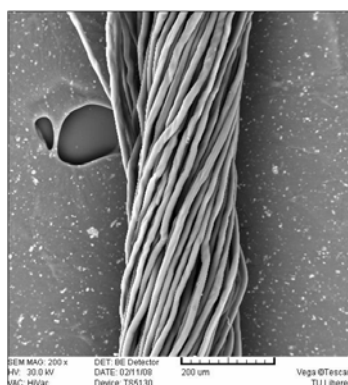
a)



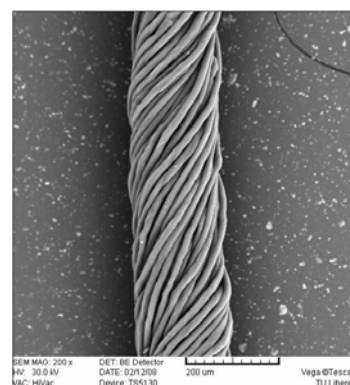
b)



c)



d)



e)

Obr. 19 Nasnímané pohledy vybraných prstencových a kompaktních přízí

3.6.1 OBJEKTIVNÍ METODA

Objektivní metodou byly sklony povrchových vláken zjišťovány pomocí skriptu naprogramovaném v programu Matlab, který zpracovával obrázek následujícím způsobem [19]:

- načtení barevného obrazu
- převod barevného obrazu na binární
- identifikace příze v obrazu
- ořez barevného obrazu
- prahování výřezu
- identifikace těla příze v obrazu
- nalezení průměru příze
- ořez těla příze o 20% z průměru příze

- skeletonizace
- regresní stanovení přímek popisujících směr uložení vláken v přízi
- výpočet úhlu sklonu vláken.

Všechny naměřené úhly povrchových vláken byly statisticky zpracovány. Hodnoty mediánu jsou uvedeny v tabulce 14, grafické znázornění je na obr. 20.

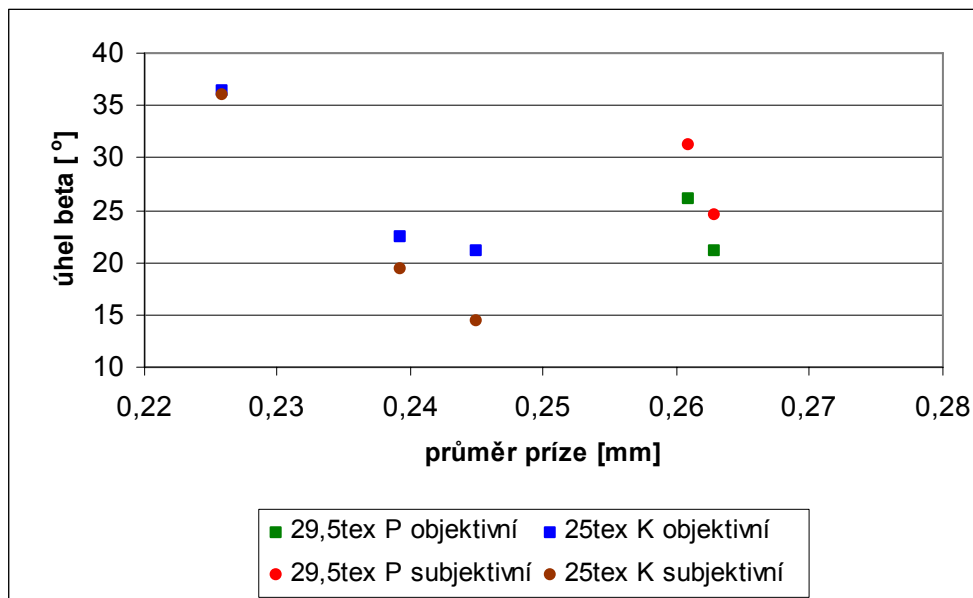
3.6.2 SUBJEKTIVNÍ METODA

Subjektivní metodou byly sklony povrchových vláken zjišťovány pomocí obrazové analýzy softwaru Lucia, měření spočívalo v přímém měření sklonů vláken na povrchu příze.

Statisticky byly zpracovány všechny naměřené úhly povrchových vláken, hodnoty mediánu jsou uvedeny v tabulce 14 a graficky znázorněny na obr. 20.

Tab. 14 Hodnoty úhlů povrchových vláken přízí

| Příze | Jemnost [tex] | Zákrut [m⁻¹] | $\beta_{obj.}$ [°] | $\beta_{sub.}$ [°] |
|-------------------|--------------------------|------------------------------------|--|--|
| Prstencové | 29,822 | 571 | 21,160 | 24,505 |
| | 31,775 | 871 | 26,060 | 31,128 |
| Kompaktní | 25,48 | 391 | 21,038 | 14,425 |
| | 25,88 | 531 | 22,329 | 19,360 |
| | 25,64 | 1210 | 36,385 | 36,030 |



Obr. 20 Závislost úhlu beta na průměru příze

Vlivem přidávání zákrutů se sklony povrchových vláken zvyšují (obr. 20) a zároveň průměry přízí klesají. Úhly vláken naměřené objektivní metodou u přízí 29,5tex dosahují nižších hodnot, naopak je tomu u přízí 25tex. Sklony vláken u kompaktních přízí mají lineární trend. Úhel beta u kompaktní příze s nejvyšším počtem zákrutů má shodnou hodnotu pro objektivní a subjektivní metodu.

3.7 PRŮMĚR PŘÍZE

Průměr příze je definován v kapitole 2.2.3.

3.7.1 OBJEKTIVNÍ METODA

Pro objektivní metodu byl použit přístroj Uster Tester 4, dle normy ČSN 80 0706 [22]. Měření spočívalo v průchodu délkového vlákenného materiálu mezi deskami kondenzátoru. Se změnou hmoty vlákenného materiálu se měnila kapacita kondenzátoru, která byla převedena na změnu proudu, úměrnou změně hmotnosti. Tímto způsobem byly proměřeny průměry prstencových a kompaktních přízí. Bylo provedeno 1 měření u základních prstencových a 5 měření u kompaktních přízí každé na délce 1000m, rychlostí 400 m/s. Výstupem z přístroje je průměr příze, chlupatost (viz. kapitola 3.8), hmotová nestejnomyšlnost, kruhovitost, nopky, silná a slabá místa. Průměrné hodnoty kruhovitosti, nopků, silných a slabých míst jsou uvedeny v příloze 1.

Všechny naměřené průměry přízí byly statisticky zpracovány. Průměrné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 15, grafické znázornění je na obr. 21.

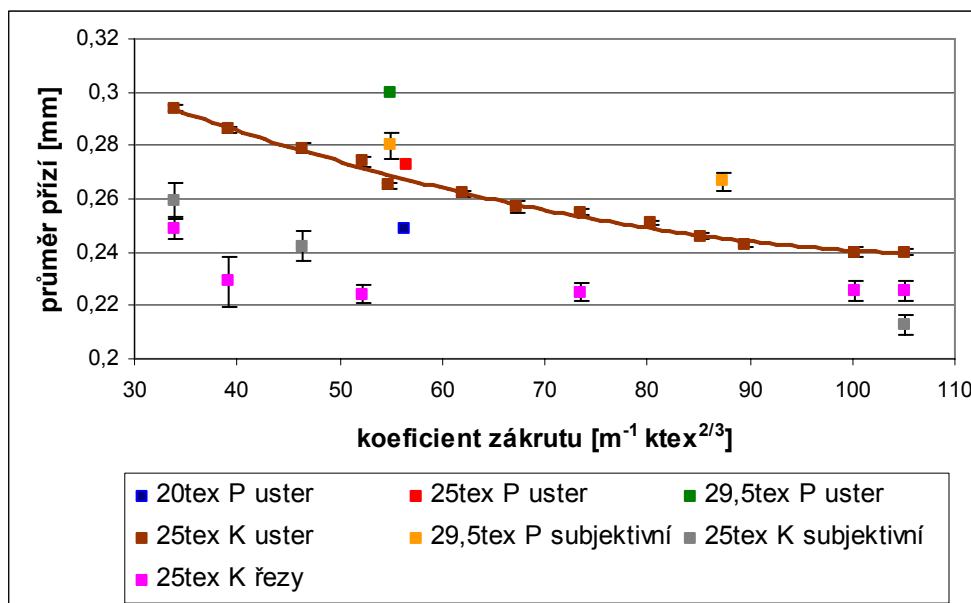
3.7.2 SUBJEKTIVNÍ METODA

Pro subjektivní metodu měření průměru přízí byly použity podélné pohledy přízí z elektronového rastrovacího mikroskopu. Průměry byly proměřeny v obrazové analýze softwaru Lucia. Měření spočívalo v přímém měření průměrů příze, z každého podélného obrazu příze, bylo naměřeno 5 průměrů příze.

Statisticky se zpracovaly všechny naměřené průměry přízí, průměrné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 15. Na obr. 21 jsou zobrazeny průměry přízí z Uster Testeru, efektivní průměr z řezů přízí a naměřené průměry subjektivní metodou.

Tab. 15 Výsledné hodnoty průměrů přízí

| Příze | a [m⁻¹ktex^{2/3}] | D_{uster} [mm] 95% IS | D_{sub.} [mm] 95% IS | D_{řezy} [mm] |
|-------------------|---|--|---|------------------------------|
| Prstencové | 56,268 | 0,249 | – | - |
| | 56,456 | 0,273 | – | - |
| | 54,913 | 0,300 | 0,279 <0,275 ; 0,283> | - |
| | 87,379 | - | 0,266 <0,263 ; 0,269> | - |
| Kompaktní | 33,857 | 0,294 <0,293 ; 0,295> | 0,259 <0,253 ; 0,265> | 0,248 <0,244 ; 0,252> |
| | 39,255 | 0,286 <0,285 ; 0,287> | - | 0,114 <0,219 ; 0,237> |
| | 46,457 | 0,279 <0,277 ; 0,281> | 0,242 <0,237 ; 0,247> | - |
| | 52,182 | 0,274 <0,272 ; 0,276> | - | 0,224 <0,221 ; 0,227> |
| | 54,782 | 0,265 <0,264 ; 0,266> | - | - |
| | 61,973 | 0,262 <0,261 ; 0,263> | - | - |
| | 67,319 | 0,257 <0,255 ; 0,259> | - | - |
| | 73,455 | 0,255 <0,254 ; 0,256> | - | 0,224 <0,221 ; 0,227> |
| | 80,362 | 0,251 <0,25 ; 0,252> | - | - |
| | 85,259 | 0,246 <0,245 ; 0,247> | - | - |
| | 89,526 | 0,243 <0,242 ; 0,244> | - | - |
| | 100,189 | 0,240 <0,238 ; 0,242> | - | 0,226 <0,222 ; 0,229> |
| | 105,210 | 0,240 <0,239 ; 0,241> | 0,213 0,209 ; 0,217> | 0,226 <0,222 ; 0,229> |



Obr. 21 Závislost průměrů přízí na koeficientu zákrutu

Průměr příze z Uster Tester (obr. 21) má nejnižší hodnotu u jemnosti 20tex, naopak nejvyšší u jemnosti 29,5tex. Z toho plyne, že s rostoucí jemností stoupá průměr přízí. Hodnoty průměrů u řady kompaktních přízí o jemnosti 25tex klesají s rostoucím koeficientem zákrutu. Průměry přízí naměřené subjektivní metodou dosahují nižších hodnot než z přístroje Uster Tester. Průměry přízí z řezů dosahují nižších hodnot než obě předešlé metody, je to zapříčiněno různým způsobem odečítání průměrů přízí.

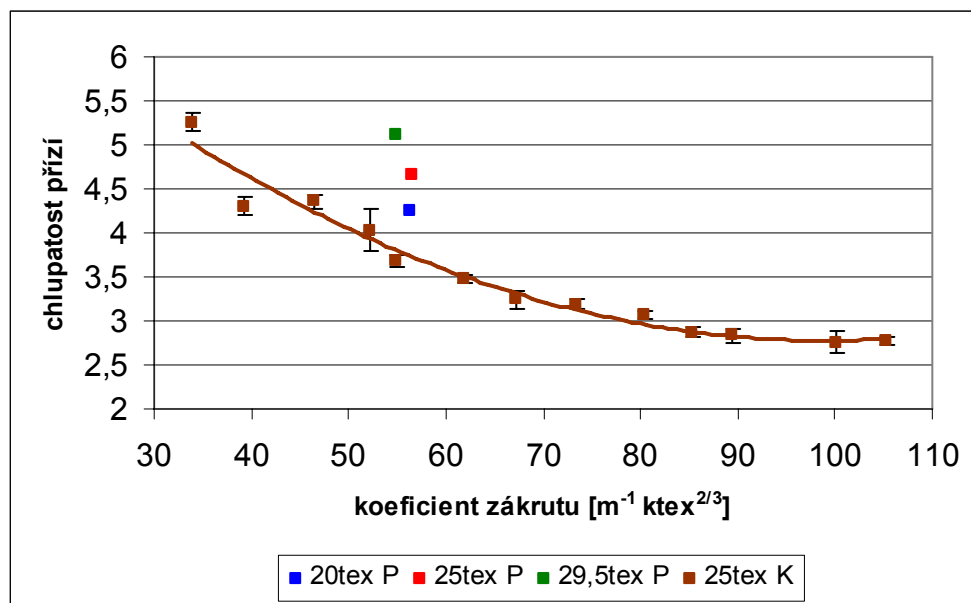
Vlivem přidávání zákrutů dochází ke stlačování vláken a tím i snižování průměrů přízí. Průměry přízí ovlivňuje jemnost použitých vláken, jemnost přízí, počet vláken v průřezu a také místo snímání průměru.

3.8 CHLUPATOST PŘÍZE

K měření dle normy ČSN 80 0706 [22] byl použit přístroj Uster Tester 4, viz. kapitola 3.7.1. Naměřené hodnoty chlupatosti, hmotové nestejnoměrnosti přízí jsou uvedeny v tabulce 16, graficky je chlupatost přízí zobrazena na obr. 22.

Tab. 16 Hodnoty z Uster Tester 4

| Příze | a [m⁻¹ktex^{2/3}] | H 95% IS | CV 95% IS |
|-------------------|---|---------------------------|----------------------------|
| Prstencové | 56,268 | 4,24 | 18,33 |
| | 56,456 | 4,66 | 16,28 |
| | 54,913 | 5,12 | 15,31 |
| Kompaktní | 33,857 | 5,26 <5,16 ; 5,36> | 12,75 <12,60 ; 12,90> |
| | 39,255 | 4,30 <4,20 ; 4,40> | 12,54 <12,33 ; 12,75> |
| | 46,457 | 4,36 <4,28 ; 4,44> | 12,48 <12,27 ; 12,69> |
| | 52,182 | 4,03 <3,79 ; 4,27> | 12,41 <12,28 ; 12,54> |
| | 54,782 | 3,68 <3,61 ; 3,75> | 12,43 <12,31 ; 12,55> |
| | 61,973 | 3,48 <3,43 ; 3,53> | 12,32 <12,06 ; 12,58> |
| | 67,319 | 3,24 <3,13 ; 3,35> | 12,43 <12,24 ; 12,62> |
| | 73,455 | 3,19 <3,13 ; 3,25> | 12,27 <12,07 ; 12,47> |
| | 80,362 | 3,07 <3,03 ; 3,11> | 12,39 <12,19 ; 2,59> |
| | 85,259 | 2,87 <2,81 ; 2,93> | 12,35 <12,06 ; 12,64> |
| | 89,526 | 2,83 <2,75 ; 2,91> | 12,80 <12,70 ; 12,90> |
| | 100,189 | 2,76 <2,64 ; 2,88> | 12,61 <12,49 ; 12,73> |
| | 105,210 | 2,77 <2,73 ; 2,81> | 12,71 <12,56 ; 12,86> |



Obr. 22 Chlupatost přízí

U prstencových přízí chlupatost (obr. 22) stoupá s jemností a klesá se zákrutem. Pro řadu kompaktních přízí chlupatost s rostoucím zákrutovým koeficientem klesá a dosahuje konstantní hodnoty 2,77. Odchylka od trendu je u příze se zákrutem 451 [m^{-1}]. Kompaktní příze dosahují nižších chlupatostí než prstencové, což je dáno technologií výroby.

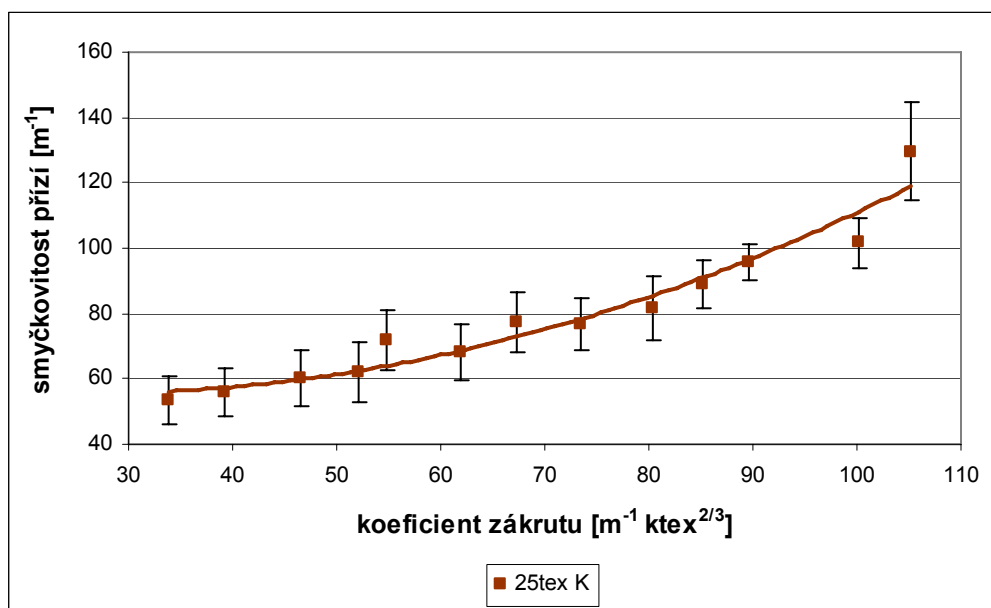
3.9 SMYČKOVITOST PŘÍZE

Měření smyčkovitosti kompaktních přízí o jmenovité jemnosti 25tex bylo provedeno na přístroji Vitest dle normy ČSN 80 0707 [21]. Pro měření byla použita nepřímá metoda s definovanou tvorbou smyček. Příze byla upevněna do čelistí vzdálených od sebe 250mm, na přízi bylo zavěšeno závaží o hmotnosti 1 g. Konce přízí byly k sobě přiblíženy konstantní rychlostí. Po vytvoření a ustálení smyček byly pomocí vertikálního zákrutového ústrojí zcela rozkrouceny a současně byl stanoven počet jejich zákrutů.

Vypočtené hodnoty smyčkovitosti přízí jsou uvedeny v tabulce 17 a jejich závislost na koeficientu zákrutu je graficky znázorněna na obr. 23.

Tab. 17 Smyčkovitost přízí

| Příze | a [m ⁻¹ ktex ^{2/3}] | Smyčky [m ⁻¹] 95% IS |
|-----------|---|-------------------------------------|
| Kompaktní | 33,857 | 53,5 <46,337 ; 60,663> |
| | 39,255 | 55,9 <48,478 ; 63,322> |
| | 46,457 | 60,0 <51,340 ; 68,650> |
| | 52,182 | 62,1 <53,042 ; 71,157> |
| | 54,782 | 71,9 <62,730 ; 81,070> |
| | 61,973 | 68,0 <59,409 ; 76,591> |
| | 67,319 | 77,2 <67,935 ; 86,465> |
| | 73,455 | 76,7 <68,502 ; 84,898> |
| | 80,362 | 81,6 <71,848 ; 91,352> |
| | 85,259 | 89,1 <81,911 ; 96,289> |
| | 89,526 | 95,6 <90,077 ; 101,123> |
| | 100,189 | 101,6 <93,806 ; 109,394> |
| | 105,210 | 129,5 <114,592 ; 144,408> |



Obr. 23 Smyčkovitost přízí

Se zvyšujícím koeficientem zákrutu přízí roste smyčkovitost (obr. 23), intervaly spolehlivosti se překrývají, což znamená, že rozdíly jsou statisticky nevýznamné. Od hodnoty $85 \text{ [m}^{-1} \text{ ktex}^{2/3}]$ mají příze o jemnosti 25tex vysoký zákrut a dochází k překrucování.

3.10 MNOŽSTVÍ AVIVÁŽE NA VLÁKNECH

Pro zlepšení zpracovatelských vlastností PP stříže je během zvlákňování na vlákno nanášena aviváž. Podle účelu použití PP stříže výrobce dávkuje procentní roztok aviváže tak, aby PP stříž obsahovala 0,3 – 0,8% aktivní složky aviváže na vláknech. Účinnost aktivní aviváže závisí na jakosti vody, koncentraci nanesené aviváže na vláknech a ztrátách během procesu výroby [3].

Procentuální podíl aviváže na vláknech ovlivňuje tření mezi vlákny, proto bylo provedeno měření aviváže na polypropylenových přízích pro ověření, zda není překročena hodnota uvedená od výrobce.

Množství aviváže na vláknech PP přízí bylo zjištěno vážením pomocí chloroformu (trichlormethan, CHCl_3). PP příze byly odvinuty, zváženy a vloženy ve filtračním papíru do Soxhletova extraktoru. Do předem přesně zvážené extrakční baňky s varnými kuličkami (Pro zajištění pravidelného varu, tj. zabránění přehřátí kapaliny a tzv. utajeného varu.) byl nalit chloroform a byla extrahována aviváž. Pro dosažení prakticky úplné extrakce celkového množství aviváže bylo provedeno 10 extrakčních cyklů.

Po ukončení extrakce byla opatrně rozebrána aparatura a z PP přízí vymáčknuto obsažené rozpouštědlo do extraktu v baňce. PP příze byly ponechány na filtračním papíru v digestoři, aby z nich vytékalo zbylé rozpouštědlo. Dále byly příze vloženy do sušárny a po vysušení zváženy. Z rozdílných hodnot hmotností PP přízí před a po extrakci (tabulka 18) bylo vypočteno procento aviváže na PP přízí.

Od zextrahované aviváže bylo oddestilováno rozpouštědlo na jednoduché destilační aparatuře. Po oddestilování rozpouštědla byla extrakční baňka s varnými kuličkami vložena do sušárny a po vysušení zvážena. Z rozdílných hodnot hmotností extrakční baňky s varnými kuličkami před a po extrakci (tabulka 18) bylo také vypočteno procento aviváže na PP přízí.

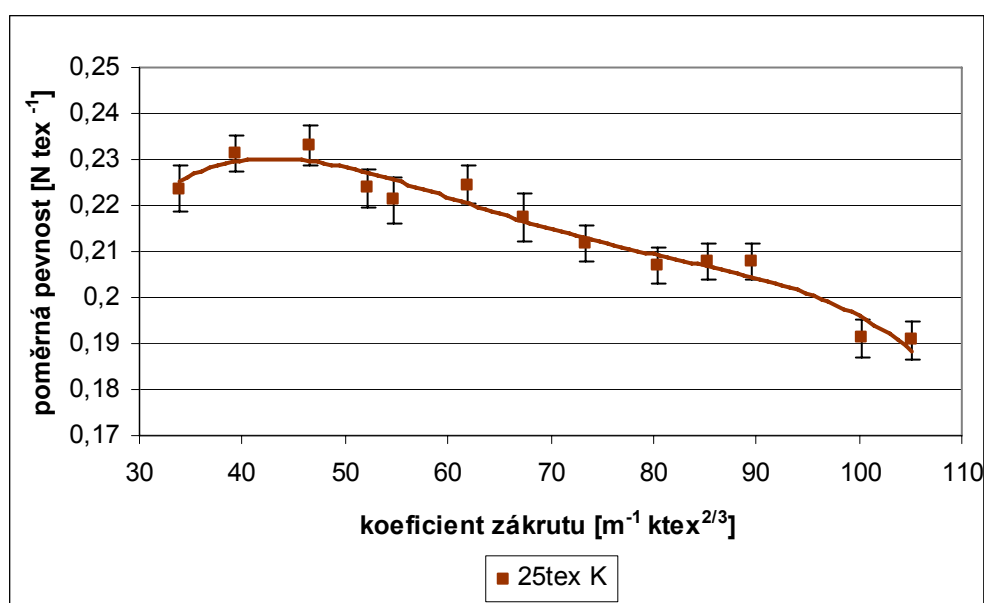
Tab. 18 Naměřené hmotnosti PP příze a extrakční baňky s varnými kuličkami,
vypočtené množství aviváže

| | Počáteční hmotnost [g] | Hmotnost po extraci [g] | Množství aviváže [%] |
|--------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Příze | 4,717 | 4,683 | 0,74 |
| Baňka | 114,227 | 113,427 | 0,70 |

Z hodnot v tabulce 18 se může určit množství aviváže na PP vláknech $0,72 \pm 0,02\%$, které odpovídá horní hranici intervalu uvedenou od výrobce.

3.11 STANOVENÍ KRITICKÉHO KOEFICIENTU ZÁKRUTU Z EXPERIMENTÁLNĚ ZJIŠTĚNÝCH HODNOT

Pro stanovení kritického koeficientu zákrutu α_k [$\text{m}^{-1}\text{ktex}^{2/3}$] byla použita řada polypropylenových kompaktních přízí o jmenovitých jemnostech 25tex. Pro vstupní údaje byly použity hodnoty poměrné pevnosti [N tex^{-1}] a Phrixův koeficient zákrutu [$\text{m}^{-1}\text{ktex}^{2/3}$], viz. tabulka 10. Hodnoty byly vyneseny do grafu a proloženy regresní křivkou polynomem čtvrtého stupně (obr. 24). Tím byla získána rovnice proložení křivky, ze které byl numerickou metodou získán extrém funkce.



Obr. 24 Poměrné pevnosti polypropylenových přízí

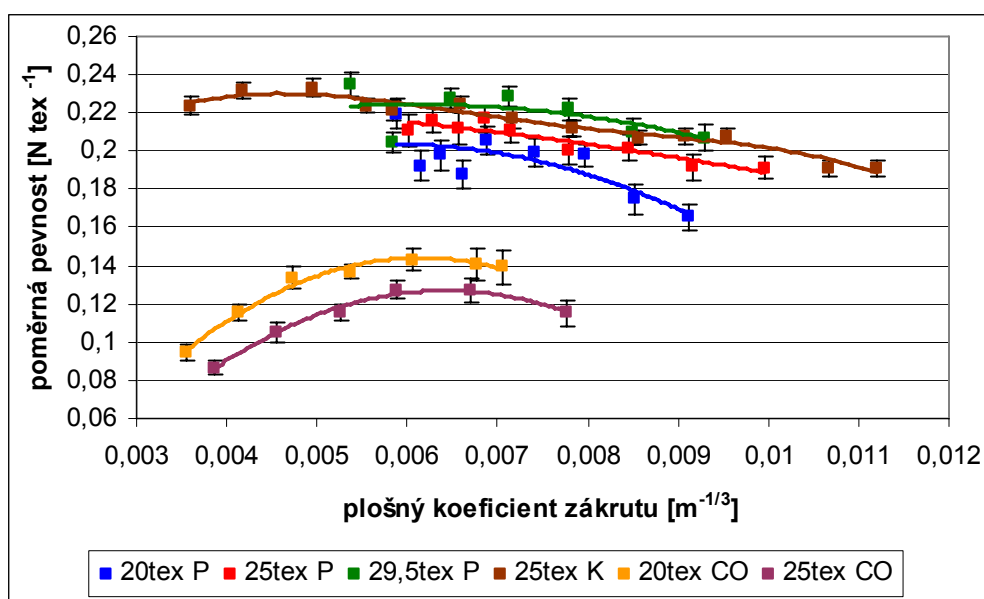
U řady kompaktních přízí o jemnostech 25tex poměrná pevnost (obr. 24) nejprve stoupá, v hodnotě $46 \text{ [m}^{-1}\text{ktex}^{2/3}]$ zákrutového koeficientu dosahuje maximální hodnoty a dále klesá. Z proložení těchto hodnot poměrné pevnosti regresní křivkou a vypočítáním jejího extrému, byl získán kritický koeficient zákrutu v hodnotě $43 \text{ [m}^{-1}\text{ktex}^{2/3}]$.

Experimentálně proměřované základní prstencové příze o jemnostech 20tex, 25tex a 29,5tex jsou vyráběny v hodnotách okolo $55 \text{ [m}^{-1}\text{ktex}^{2/3}]$, viz. kapitola 3.4. Ze zjištěné hodnoty kritického zákrutového koeficientu se může předpokládat, že prstencové příze byly vyrobeny již za tímto kritickým koeficientem zákrutu a jejich pevnosti klesají.

3.12 POROVNÁNÍ PŘÍZÍ Z POLYPROPYLENU S BAVLNĚNÝMI PŘÍZEMI

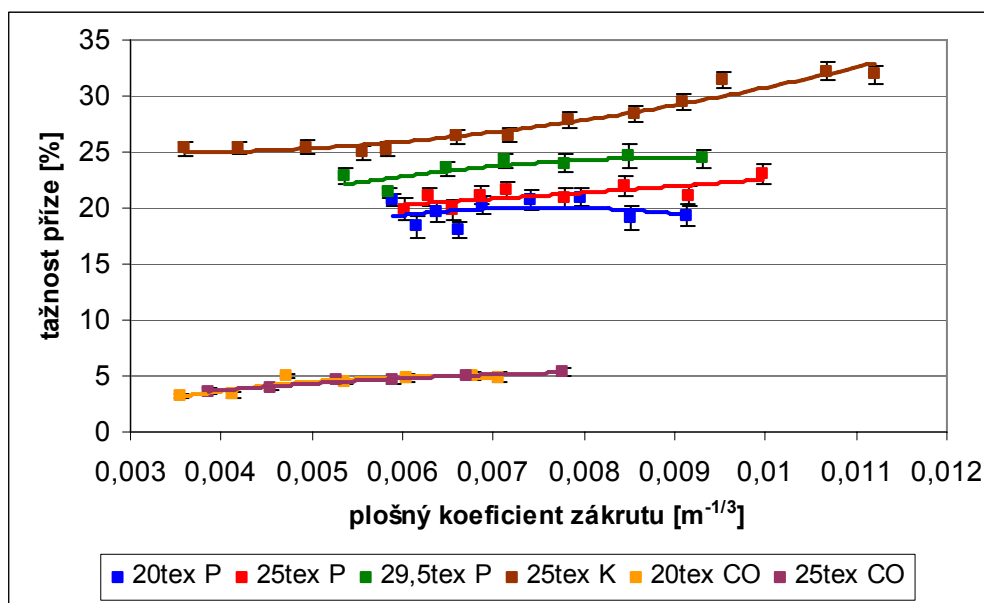
Data bavlněných přízí byly převzaty z diplomové práce na téma: Pevnost bavlněných přízí [9].

Porovnání poměrné pevnosti je zobrazeno na obr. 25, tažnosti přízí na obr. 26. V grafech jsou porovnávány dva komponenty. Pro eliminování rozdílné měrné hmotnosti polypropylenu a bavlny, jsou poměrné pevnosti a tažnosti přízí vyneseny na plošném zákrutovém koeficientu dle Phrixe, viz. rovnice (15).



Obr. 25 Porovnání poměrné pevnosti polypropylenových a bavlněných přízí

Polypropylenové příze oproti bavlněným dosahují vyšších pevností a křivky mají opačný trend. Křivky bavlněných přízí pozvolna stoupají, v hodnotě $0,0063 \text{ [m}^{-1/3}\text{]}$ dosahují kritického koeficientu zákrutu, dále mírně klesají. Z grafu (obr. 25) a kapitoly 3.11 vyplývá, že polypropylenové příze dosahují dříve kritického koeficientu zákrutu než bavlněné.



Obr. 26 Porovnání tažnosti polypropylenových a bavlněných přízí

Polypropylenové příze (obr. 26) mají výrazně vyšší a velmi kolísavou tažnost oproti bavlněným. Bavlněné příze byly nejprve 2krát rozkrucovány, v těchto bodech tažnost klesá. Tažnost od základní příze má již stoupající trend.

3.13 POROVNÁNÍ EXPERIMENTÁLNÍCH PEVNOSTÍ PŘÍZÍ S MODELÝ

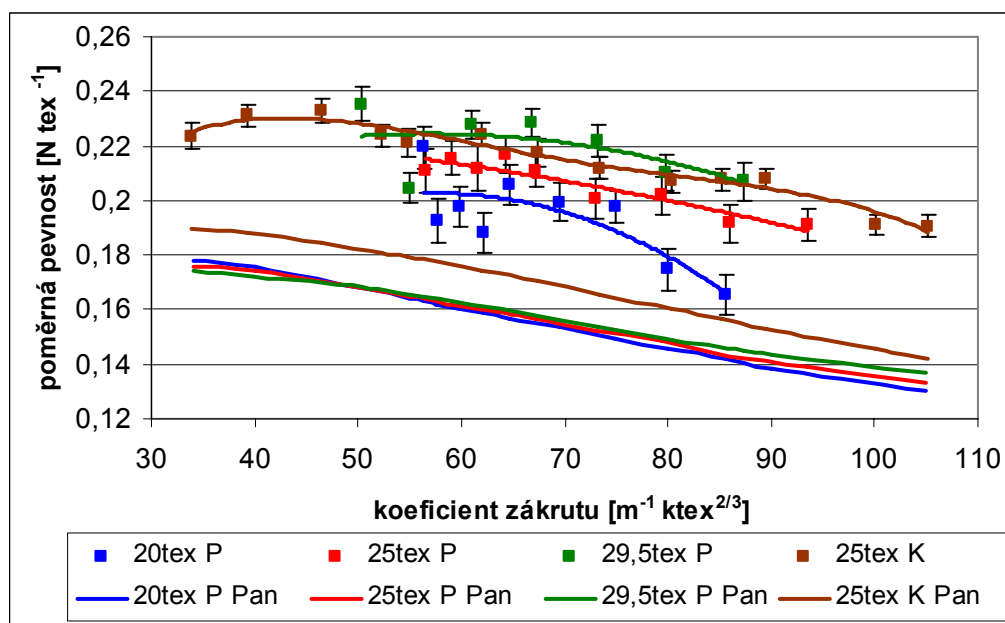
Experimentálně zjištěné hodnoty poměrné pevnosti polypropylenových přízí byly porovnány s vypočítanými hodnotami dle autora Pana a korigovaného Pana. Modely dle Solověva a Neckáře obsahují mnoho konstant pro bavlnu, proto nemohly být použity pro polypropylenové příze. Na výpočet pevnostních vztahů podle Pana byl

použit program Matlab, vztahy jsou uvedeny v kapitole 2.3.1. Model korigovaný Pan pevnosti přízí byl vypočten přízí ze vztahu

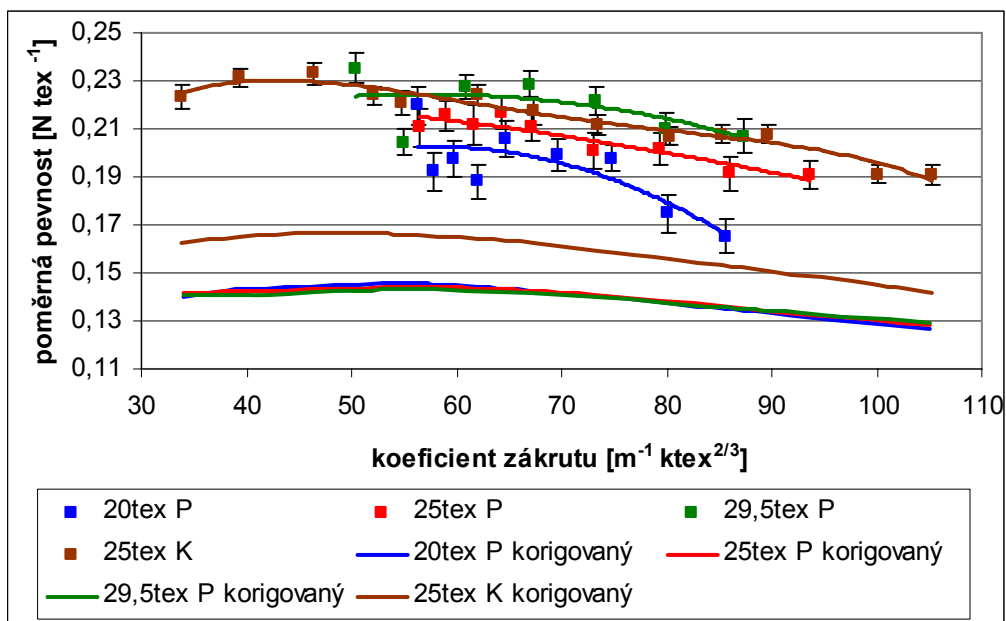
$$\sigma_p = \sigma_v \Phi_{vs} \eta_\beta \mu \quad [\text{N tex}^{-1}] \quad (62)$$

kde hodnoty σ_v , Φ_{vs} a η_β byly převzaty z modelu dle Pana, μ byly vypočteny podle vztahu (11).

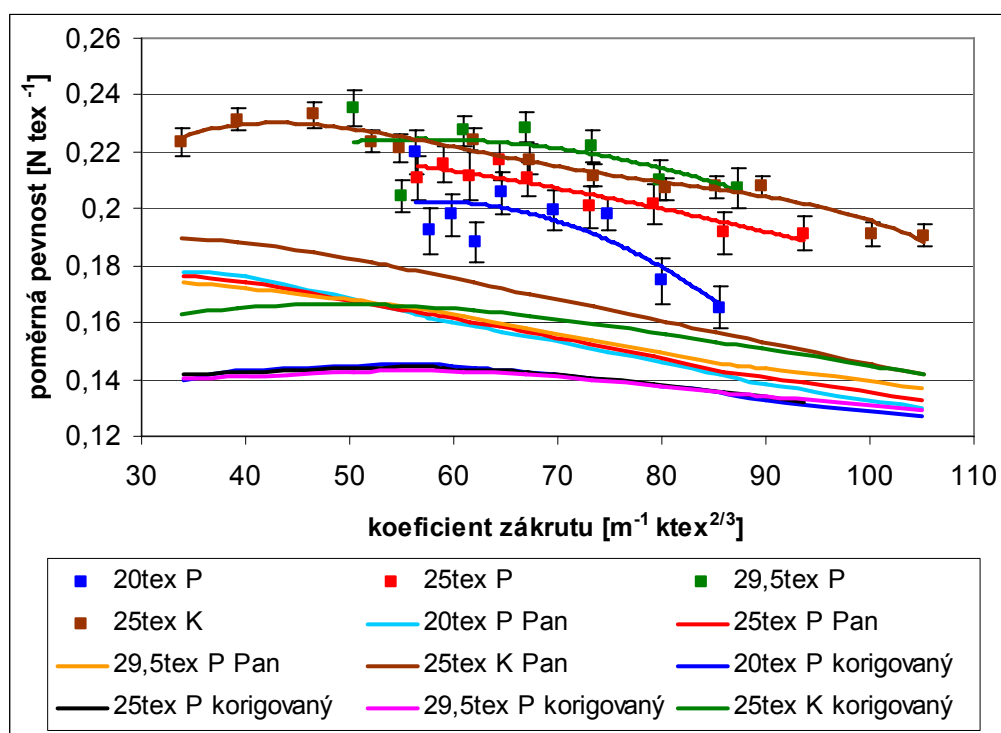
Tabulky vypočtených hodnot poměrných pevností dle Pana a korigovaného Pana jsou uvedeny v příloze č. 2. Grafické znázornění porovnání poměrných pevností experimentu s vypočítanými hodnotami poměrných pevností dle Pana je na obr. 27, dle korigovaného Pana na obr. 28. Na obr. 29 jsou zobrazeny poměrné pevnosti přízí z experimentu, dle Pana a korigovaného Pana.



Obr. 27 Porovnání poměrných pevností experimentu s vypočítanými hodnotami poměrných pevností dle Pana



Obr. 28 Porovnání poměrných pevností experimentu s vypočítanými hodnotami poměrných pevností dle korigovaného Pana



Obr. 29 Porovnání poměrných pevností experimentu s vypočítanými hodnotami poměrných pevností dle Pana a korigovaného Pana

Polypropylenové příze (obr. 29) mají výrazně vyšší experimentálně zjištěnou poměrnou pevnost oproti vypočteným hodnotám z modelů dle Pana a korigovaného Pana. Křivky poměrných pevností prstenových přízí jsou shodné pro různé jemnosti

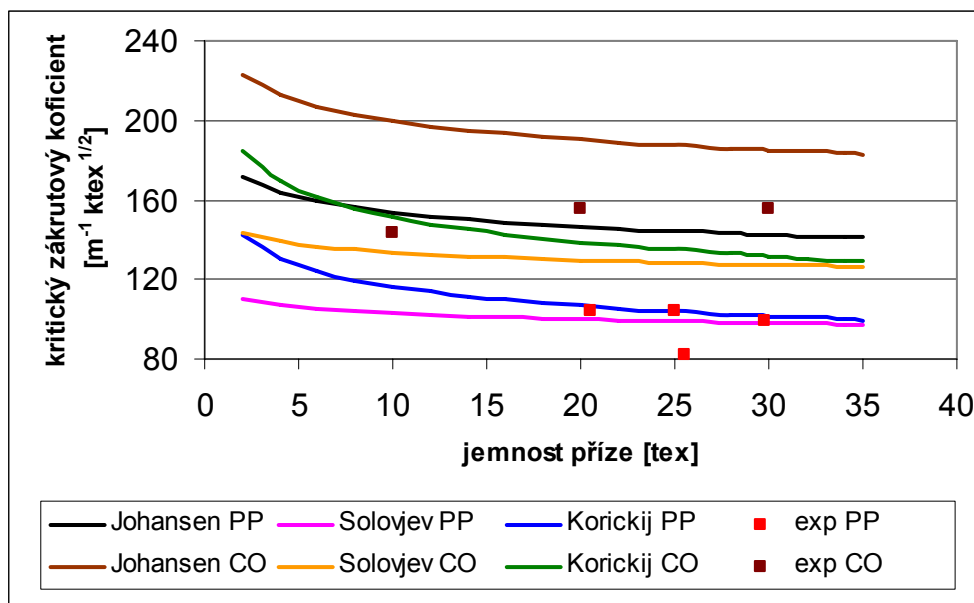
přízí, dle Pana mají lineární trend, dle korigovaného Pana nejprve stoupají, okolo hodnoty $57 \text{ [m}^{-1}\text{ktex}^{2/3}]$ dosahují maxima a dále pozvolna klesají. Vlákná, ze kterých je vyrobena řada kompaktních přízí, mají odlišné vlastnosti, proto se odchyľují a dosahují vyšších hodnot než prstencové. Nejnižších hodnot dosahují pevnosti prstencových přízí dle korigovaného Pana. S rostoucím koeficientem zákrutu se hodnoty z modelů přibližují, u řady kompaktních přízí dosahují stejných hodnot.

3.14 POROVNÁNÍ KRITICKÉHO ZÁKRUTOVÉHO KOEFICIENTU

V kapitole 2.2.7.1 je popsán kritický koeficient zákrutu a také uvedeny vztahy autorů, kteří se touto problematikou zabývali. Experimentálně zjištěné hodnoty kritického zákrutového koeficientu polypropylenových přízí byly porovnány s experimentálně zjištěnými hodnotami bavlny, převzaté z práce [9] a dále s vypočítanými hodnotami dle Johansena podle vztahu (20), dle Solověva podle vztahu (22) a Korickijho podle vztahu (24).

U polypropylenových prstencových přízí nemohl být určen kritický zákrutový koeficient, viz. kapitola 3.11, proto zde byly porovnávány zákrutové koeficienty základních přízí. Kritické koeficienty zákrutu dle Johansena, Solověva a Korickijho jsou určeny pro bavlněné příze, pro přepočet na polypropylenové příze byla použita hodnota 0,77, podle předpokladu (28).

Tabulky vypočtených hodnot kritického zákrutového koeficientu $\alpha_k \text{ [m}^{-1}\text{ktex}^{1/2}]$ dle Johansena, Solověva, Korickijho a experimentálně zjištěné hodnoty jsou uvedeny v příloze č.2. Grafické porovnání kritického zákrutového koeficientu experimentu s vypočítanými hodnotami dle modelů je zobrazeno na obr. 30.

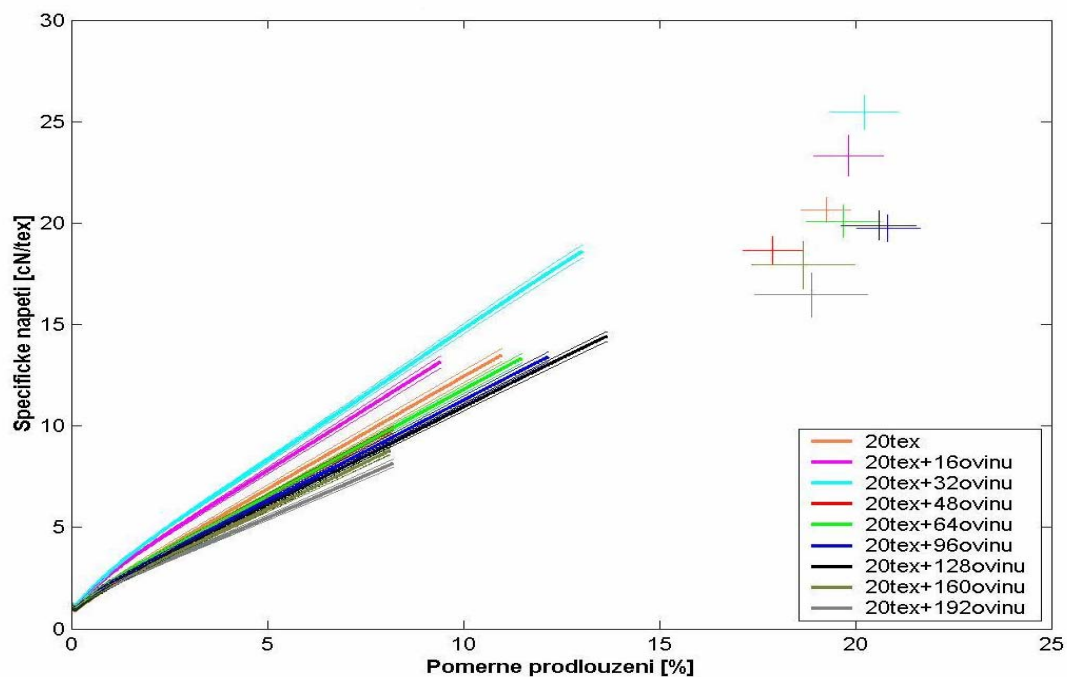


Obr. 30 Závislost kritického zákrutového koeficientu na jemnosti přízí

Z grafu (obr. 30) vyplývá, že vypočtené hodnoty dle modelů a experimentálně zjištěné hodnoty kritického zákrutového koeficientu pro bavlněné příze jsou vyšší než pro polypropylenové příze. Dle Johansena dosahují nejvyšších hodnot a naopak nejnižších dle Solovjeva. Křivky vypočtených hodnot mají shodné klesající trendy. Experimentálně zjištěné kritické zákrutové koeficienty pro polypropylenové příze dosahují podobných hodnot jako z vypočtených modelů dle Solovjeva a Korickijho pro polypropylen.

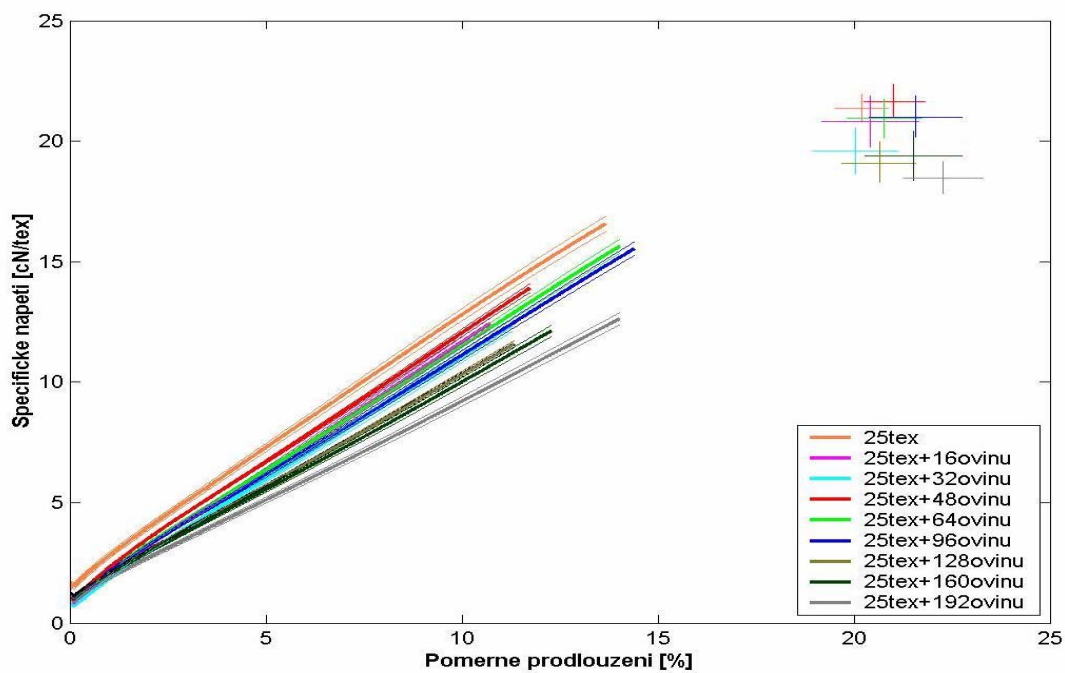
3.15 PRŮMĚRNÉ TAHOVÉ KŘIVKY

Průměrné tahové křivky na obr. 31 až 34 byly konstruovány, podle postupu v kapitole 2.2.6 v programu Matlab, ze získaných údajů z trhacího přístroje, které jsou uvedeny v tabulkách 7 až 10. Pro přehlednost křivek v grafu byly u řady kompaktních přízí konstruovány průměrné tahové křivky pouze pro sedm přízí.



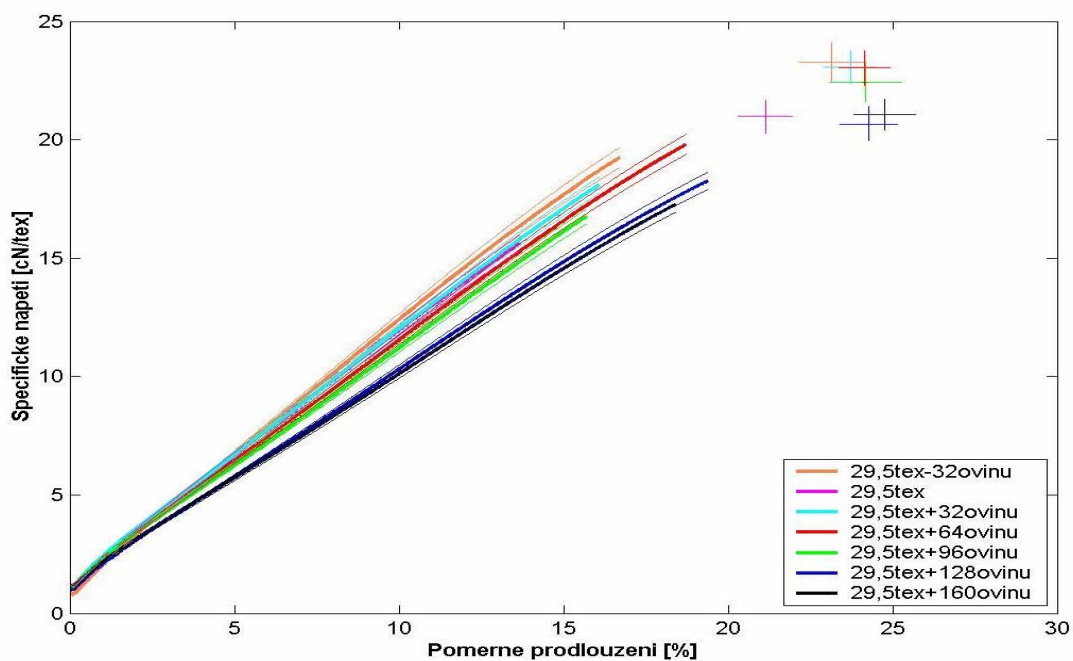
Obr. 31 Průměrné pracovní křivky pro prstencovou přízi o jemnosti 20tex

Nejvyšších pevností i tažností dosahují prstencové příze o jemnosti 20tex (obr.31) přikroucené o 16 a 32 ovinů. S přidáváním vyšším počtem ovinů pevnosti i tažnosti klesají.



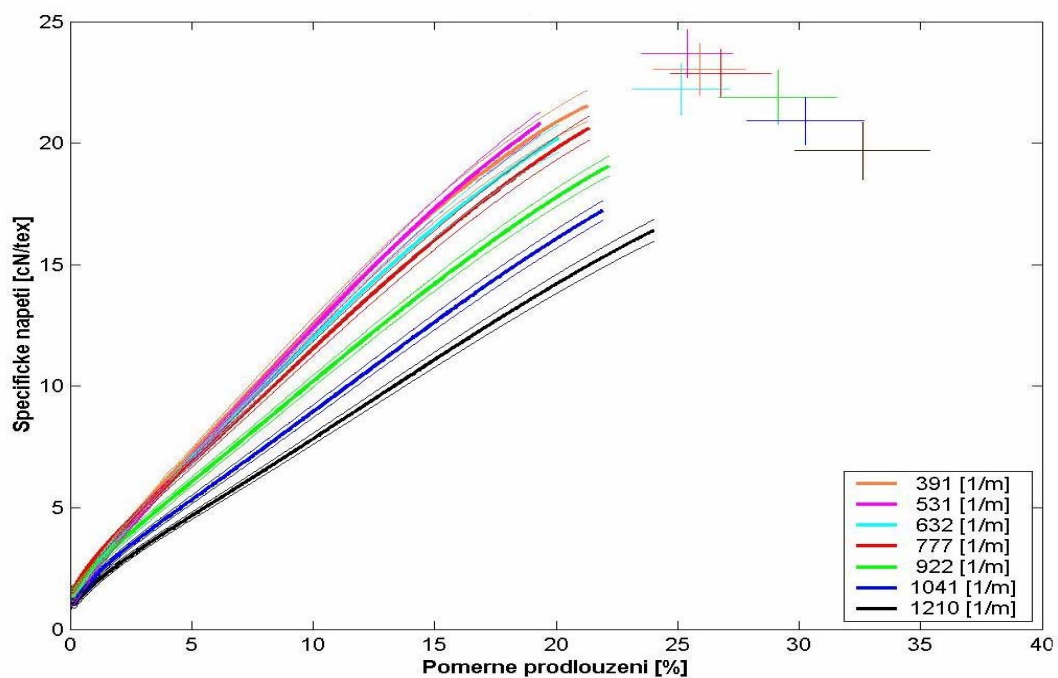
Obr. 32 Průměrné pracovní křivky pro prstencovou přízi o jemnosti 25tex

Z průběhu průměrných tahových křivek pro prstencovou přízi o jemnosti 25tex (obr. 32) dosahuje nejvyšší pevnosti příze základní. S přidáváním ovinů pevnosti klesají a tažnosti přízi se zvyšují.



Obr. 33 Průměrné pracovní křivky pro prstencovou přízi o jemnosti 29,5tex

Vysokých hodnot pevností i tažností dosahují prstencové příze s jemností 29,5tex (obr. 33) rozkroucené o 32ovinů a dále přidáním prvních třech hodnot ovinů. Naopak nízkých hodnot pevností i tažností dosahují příze základní.



Obr. 34 Průměrné pracovní křivky pro kompaktní příze o jemnosti 25tex

U řady kompaktních přízí o jemnosti 25tex (obr. 34) pevnosti klesají s rostoucím počtem zákrutů a zároveň hodnoty tažnosti rostou. K výchylce došlo u přízí se zákrutem 531 $[m^{-1}]$, což je zapříčiněno výskytem kritického zákrutu okolo této hodnoty.

4. ZÁVĚR

V rámci diplomové práce bylo provedeno:

- obecný rozbor na téma vlastnosti polypropylenových vláken a přízí
- shrnutí vlivů na pevnost příze
- popis modelů predikce pevnosti staplových přízí
- stanovení vlivu zákrutového koeficientu na pevnost příze vyrobené z polypropylenu
- naměření vlastností na vybraných polypropylenových přízích a vyhodnocení dat
- porovnání naměřených dat s bavlněnými přízemi a výpočtovými modely.

Pro řešení diplomové práce bylo nutné naměřit jemnosti, zákruty, pevnost a tažnost v tahu, zaplnění, sklon vláken, průměr, chlupatost, smyčkovitost přízí a množství aviváže na polypropylenových vláknech.

Z naměřených pevností přízí byl stanoven kritický koeficient zákrutu. Naměřené pevnosti a tažnosti polypropylenových přízí byly porovnány s bavlněnými přízemi. Experimentální pevnost byla také využita při porovnání s výsledky modelů predikce pevnosti přízí.

U prstencových přízí hodnoty pevnosti a tažnosti různě kolísaly, proto zde nemohl být určen kritický zákrutový koeficient. Ten byl zjištěn z experimentálních hodnot u řady kompaktních přízí v hodnotě $43 \text{ [m}^{-1} \text{ ktex}^{2/3}]$. Ze zjištěné hodnoty kritického zákrutového koeficientu se může předpokládat, že prstencové příze byly vyrobeny již za tímto kritickým zákrutovým koeficientem. Přičemž snahou výroby je dosáhnout optimální pevnosti příze při nejnižší hladině zákrutů. Zvýšený počet zákrutů se projevuje vyššími náklady na výrobu.

Polypropylenové příze oproti bavlněným dosahovaly vyšších pevností i tažností a dříve dosahovaly kritického koeficientu zákrutu. V experimentu nebyl potvrzen teoretický předpoklad, že křivky pevností polypropylenových přízí budou mít shodný trend jako bavlněné.

Polypropylenové příze měly výrazně vyšší experimentálně zjištěnou poměrnou pevnost oproti vypočteným hodnotám z modelů dle Pana a korigovaného Pana, proto modely pro projektování pevností přízí nelze použít pro polypropylenové příze.

V experimentu bylo prokázáno, že s rostoucím zákrutovým koeficientem přízí:

- se zvyšuje pevnost přízí ke kritickému zákrutovému koeficientu a dále klesá
- se zvyšuje tažnost přízí
- se zvyšuje zaplnění přízí
- se zvyšují sklony povrchových vláken
- klesají průměry přízí
- klesá chlupatost přízí
- se zvyšuje smyčkovitost přízí

Pro důkladnější porovnání a lepší statistiky je doporučeno provést více měření u řady polypropylenových přízí dalších jemností.

LITERATURA

- [1] Piller, B., Levinský, O. *Malá encyklopedie textilních materiálů*. 2. vyd. Praha 1982.
- [2] Pajgrt, O., Reichstädter, B., Ševčík, F. a kolektiv. *Polypropylenová vlákna*. 1. vyd. SNTL Praha 1977. 04-826-77.
- [3] Křiž, J. *Podniková norma* PN 001-96, Trevos Košťálov s.r.o., platnost od 1.9.2007.
- [4] Militký, J. *Textilní vlákna*. 1. vyd. Liberec 2002. ISBN 80-7083-644-X.
- [5] Dostálová, M., Křivánková, M. *Základy textilní a oděvní výroby*. 2. vyd. Liberec 2001. ISBN 80-7083-504-4.
- [6] Ursíny, P. *Předení I*. 1. vyd. Liberec 2001. ISBN 80-7083-481-1
- [7] ČSN EN ISO 2060. *Textilie. Nitě v návinech. Zjišťování jemnosti (délkové hmotnosti)*. Vydána 12.1996.
- [8] Neckář, B. *Příze: Tvorba, struktura, vlastnosti*. 1. vyd. SNTL Praha 1990. ISBN 80-03-00213-3.
- [9] Makatura, M. *Pevnost bavlněných přízí*. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Liberec 2006.
- [10] Neckář, B.: *Chlupatost příze. Část 1: Teoretický model chlupatosti. Strutex: struktura a strukturní mechanika textilií*. 1.vyd. Technická univerzita v Liberci. Liberec 2000.
- [11] Kovačič, V. *Textilní zkušebnictví, díl II.*, 1.vyd. Technická univerzita v Liberci. Liberec 2004. ISBN 80-7083-825-6.
- [12] Neckář, B. *Přednášky předmětu Struktura a vlastnosti textilií*. Liberec 2006.
- [13] Křemenáková, D. *Modelování, geometrie a pevnosti bavlněných přízí*. Habilitační práce, Technická univerzita v Liberci. Liberec 2005.
- [14] Pan, N. *Analysis of woven fabric strenghts: Predistion of farbic streghth under uniaxial and biaxial extensions*.
- [15] Křemenáková, D., Militký, J., Vozková, P.: *Comparison of yarns strength prediction with Uster statictics*. Beltwide Cotton Utilization Conference, San Antonio, USA, January 2004
- [16] ČSN EN 20139 (80 0056). *Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení*. Vydána 1994.
- [17] ČSN EN ISO 1890. *Výztuž - Nitě - Stanovení počtu zákrutů*. Schválena: 07.1998.

- [18] ČSN EN ISO 2062 (80 0700) *Textilie. Nitě na návinech. Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu*. Vydána 11.1996.
- [19] Špánková, J. *Metodika sledování sklonu povrchových vláken v přízi*. Technická univerzita v Liberci.
- [20] IN 22-103-01/01. *Zaplnění příze, přímá metoda a metoda Secant*.
- [21] ČSN 80 0707 *Zkoušení smyčkovitosti přízí*. Vydána 12.1977.
- [22] ČSN 80 0706. *Zjišťování hmotné nestejnoměrnosti pramenů, přástů a nití*. Vydána 11.1992.
- [23] Hušková, M. *Geometrické vlastnosti směsových přízí*. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Liberec 2006
- [24] Hryzová, L. *Pevnost směsových přízí*. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Liberec 2006

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Naměřené hodnoty

- zákrutu
- seskání
- smyčkovitosti
- kruhovitosti
- nopků
- slabých a silných míst

Příloha č. 2 - Vypočtené hodnoty

- poměrných pevností dle Pana a korigovaného Pana
- kritického zákrutového koeficientu dle Johansena, Solověva, Korickijho a experimentálně zjištěné hodnoty pro polypropylenové a bavlněné příze

Příloha č. 1 – Naměřené hodnoty

Tab. 1 Naměřené hodnoty zákrutů [m^{-1}] prstencových přízí

| Zákruty prstencových přízí v [m^{-1}] | | | |
|--|--------------|--------------|----------------|
| | 20tex | 25tex | 29,5tex |
| 1 | 717 | 627 | 505 |
| 2 | 655 | 606 | 536 |
| 3 | 779 | 652 | 550 |
| 4 | 740 | 727 | 607 |
| 5 | 726 | 629 | 555 |
| 6 | 694 | 616 | 601 |
| 7 | 683 | 640 | 529 |
| 8 | 624 | 628 | 586 |
| 9 | 669 | 646 | 530 |
| 10 | 728 | 677 | 531 |
| 11 | 662 | 641 | 617 |
| 12 | 769 | 729 | 604 |
| 13 | 671 | 686 | 656 |
| 14 | 794 | 650 | 652 |
| 15 | 698 | 689 | 552 |
| 16 | 663 | 643 | 581 |
| 17 | 742 | 713 | 565 |
| 18 | 739 | 653 | 530 |
| 19 | 697 | 672 | 603 |
| 20 | 663 | 643 | 637 |
| 21 | 773 | 685 | 551 |
| 22 | 745 | 674 | 624 |
| 23 | 783 | 693 | 549 |
| 24 | 884 | 663 | 659 |
| 25 | 781 | 648 | 593 |
| 26 | 727 | 658 | 586 |
| 27 | 702 | 724 | 582 |
| 28 | 756 | 613 | 639 |
| 29 | 785 | 652 | 537 |
| 30 | 764 | 674 | 543 |
| 31 | 764 | 637 | 529 |
| 32 | 798 | 647 | 549 |
| 33 | 831 | 671 | 575 |
| 34 | 730 | 616 | 595 |
| 35 | 779 | 696 | 599 |
| 36 | 650 | 639 | 571 |
| 37 | 777 | 675 | 564 |
| 38 | 714 | 644 | 540 |
| 39 | 815 | 634 | 545 |
| 40 | 726 | 623 | 507 |
| 41 | 790 | 627 | 610 |
| 42 | 772 | 669 | 585 |
| 43 | 769 | 684 | 603 |
| 44 | 700 | 639 | 543 |
| 45 | 684 | 677 | 609 |
| 46 | 816 | 717 | 515 |
| 47 | 730 | 681 | 522 |
| 48 | 765 | 667 | 550 |
| 49 | 732 | 655 | 530 |
| 50 | 698 | 698 | 563 |

Tab. 2a Naměřené hodnoty zákrutů [m⁻¹] kompaktních přízí

| n / a | 33,857 | 39,255 | 46,457 | 52,182 | 54,782 | 61,973 | 67,319 |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | 379 | 481 | 507 | 586 | 629 | 698 | 774 |
| 2 | 359 | 402 | 485 | 546 | 625 | 757 | 781 |
| 3 | 369 | 454 | 538 | 619 | 558 | 721 | 873 |
| 4 | 395 | 402 | 507 | 607 | 598 | 689 | 801 |
| 5 | 343 | 472 | 527 | 664 | 649 | 724 | 746 |
| 6 | 402 | 409 | 510 | 620 | 654 | 712 | 767 |
| 7 | 428 | 479 | 546 | 595 | 563 | 760 | 774 |
| 8 | 402 | 443 | 542 | 626 | 646 | 741 | 756 |
| 9 | 410 | 454 | 546 | 566 | 625 | 810 | 778 |
| 10 | 402 | 480 | 519 | 565 | 642 | 671 | 763 |
| 11 | 386 | 468 | 567 | 579 | 599 | 678 | 775 |
| 12 | 373 | 448 | 550 | 624 | 674 | 796 | 767 |
| 13 | 369 | 403 | 573 | 584 | 584 | 727 | 783 |
| 14 | 391 | 448 | 526 | 655 | 630 | 698 | 780 |
| 15 | 379 | 418 | 564 | 599 | 657 | 700 | 768 |
| 16 | 378 | 504 | 542 | 560 | 654 | 711 | 817 |
| 17 | 372 | 480 | 562 | 617 | 644 | 754 | 783 |
| 18 | 383 | 442 | 507 | 609 | 618 | 658 | 798 |
| 19 | 381 | 453 | 552 | 620 | 680 | 699 | 801 |
| 20 | 405 | 433 | 520 | 599 | 688 | 689 | 777 |
| 21 | 377 | 445 | 619 | 566 | 612 | 689 | 775 |
| 22 | 384 | 466 | 566 | 531 | 651 | 736 | 710 |
| 23 | 360 | 430 | 518 | 587 | 653 | 669 | 799 |
| 24 | 386 | 481 | 497 | 599 | 604 | 689 | 756 |
| 25 | 408 | 442 | 485 | 529 | 593 | 671 | 773 |
| 26 | 441 | 420 | 467 | 647 | 626 | 699 | 865 |
| 27 | 376 | 487 | 544 | 585 | 618 | 669 | 783 |
| 28 | 397 | 480 | 584 | 581 | 660 | 665 | 709 |
| 29 | 405 | 474 | 521 | 650 | 662 | 779 | 752 |
| 30 | 427 | 459 | 531 | 560 | 633 | 673 | 825 |
| 31 | 416 | 451 | 537 | 588 | 642 | 728 | 740 |
| 32 | 346 | 467 | 554 | 581 | 593 | 775 | 808 |
| 33 | 371 | 404 | 502 | 599 | 671 | 692 | 750 |
| 34 | 366 | 491 | 529 | 648 | 652 | 696 | 747 |
| 35 | 360 | 442 | 496 | 616 | 574 | 723 | 798 |
| 36 | 402 | 450 | 545 | 602 | 674 | 767 | 755 |
| 37 | 427 | 458 | 512 | 578 | 619 | 678 | 795 |
| 38 | 432 | 459 | 487 | 568 | 628 | 708 | 700 |
| 39 | 384 | 488 | 508 | 593 | 637 | 719 | 793 |
| 40 | 460 | 434 | 564 | 598 | 636 | 737 | 769 |
| 41 | 363 | 406 | 568 | 680 | 592 | 692 | 745 |
| 42 | 418 | 447 | 526 | 568 | 557 | 662 | 816 |
| 43 | 391 | 474 | 497 | 584 | 682 | 714 | 767 |
| 44 | 377 | 390 | 561 | 561 | 653 | 738 | 757 |
| 45 | 411 | 425 | 519 | 579 | 629 | 744 | 776 |
| 46 | 370 | 499 | 499 | 539 | 671 | 708 | 762 |
| 47 | 361 | 468 | 496 | 652 | 650 | 684 | 741 |
| 48 | 475 | 457 | 534 | 558 | 669 | 674 | 824 |
| 49 | 386 | 433 | 559 | 568 | 586 | 710 | 769 |
| 50 | 357 | 438 | 510 | 588 | 644 | 700 | 805 |

Tab. 2b Naměřené hodnoty zákrutů [m⁻¹] kompaktních přízí

| n / a | 73,455 | 80,362 | 85,259 | 89,526 | 100,189 | 105,210 |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| 1 | 826 | 903 | 957 | 1011 | 1159 | 1147 |
| 2 | 877 | 946 | 1000 | 1052 | 1092 | 1196 |
| 3 | 828 | 857 | 980 | 1064 | 1154 | 1244 |
| 4 | 783 | 932 | 995 | 965 | 1222 | 1202 |
| 5 | 833 | 936 | 1036 | 1024 | 1151 | 1251 |
| 6 | 851 | 946 | 936 | 1066 | 1216 | 1231 |
| 7 | 768 | 880 | 1039 | 1050 | 1138 | 1196 |
| 8 | 803 | 905 | 972 | 1001 | 1140 | 1220 |
| 9 | 849 | 928 | 902 | 1076 | 1132 | 1195 |
| 10 | 809 | 976 | 998 | 950 | 1269 | 1251 |
| 11 | 773 | 937 | 950 | 1045 | 1048 | 1202 |
| 12 | 831 | 895 | 976 | 1076 | 1214 | 1282 |
| 13 | 819 | 945 | 982 | 1050 | 1164 | 1186 |
| 14 | 864 | 879 | 967 | 1015 | 1129 | 1163 |
| 15 | 751 | 930 | 974 | 1007 | 1143 | 1250 |
| 16 | 821 | 910 | 963 | 1035 | 1210 | 1280 |
| 17 | 807 | 928 | 1046 | 1007 | 1107 | 1176 |
| 18 | 760 | 969 | 978 | 1112 | 1220 | 1161 |
| 19 | 831 | 903 | 1012 | 1076 | 1189 | 1211 |
| 20 | 827 | 959 | 1009 | 1063 | 1190 | 1233 |
| 21 | 814 | 984 | 1032 | 1080 | 1165 | 1146 |
| 22 | 849 | 909 | 972 | 1007 | 1078 | 1163 |
| 23 | 888 | 909 | 1014 | 1088 | 1179 | 1236 |
| 24 | 846 | 983 | 1049 | 1068 | 1239 | 1175 |
| 25 | 861 | 906 | 1046 | 926 | 1109 | 1199 |
| 26 | 885 | 936 | 943 | 1020 | 1158 | 1171 |
| 27 | 844 | 987 | 956 | 1025 | 1128 | 1225 |
| 28 | 831 | 859 | 985 | 1016 | 1152 | 1209 |
| 29 | 846 | 887 | 870 | 1113 | 1174 | 1209 |
| 30 | 842 | 897 | 932 | 1046 | 1124 | 1167 |
| 31 | 837 | 899 | 942 | 1023 | 1048 | 1179 |
| 32 | 828 | 874 | 976 | 1032 | 1066 | 1268 |
| 33 | 833 | 918 | 1002 | 1058 | 1163 | 1269 |
| 34 | 794 | 957 | 1003 | 1075 | 1197 | 1217 |
| 35 | 873 | 893 | 970 | 1076 | 1211 | 1246 |
| 36 | 831 | 887 | 977 | 1037 | 1129 | 1232 |
| 37 | 834 | 872 | 1031 | 1099 | 1102 | 1201 |
| 38 | 834 | 969 | 955 | 1060 | 1219 | 1174 |
| 39 | 890 | 952 | 889 | 1067 | 1048 | 1215 |
| 40 | 816 | 907 | 936 | 1021 | 1168 | 1186 |
| 41 | 888 | 951 | 965 | 1002 | 1163 | 1213 |
| 42 | 821 | 885 | 954 | 1054 | 1108 | 1164 |
| 43 | 829 | 936 | 983 | 1052 | 1111 | 1248 |
| 44 | 861 | 926 | 1006 | 1034 | 1254 | 1259 |
| 45 | 901 | 938 | 999 | 1064 | 1049 | 1239 |
| 46 | 901 | 940 | 1045 | 1020 | 1129 | 1206 |
| 47 | 838 | 897 | 978 | 1011 | 1078 | 1232 |
| 48 | 883 | 970 | 934 | 1025 | 1192 | 1178 |
| 49 | 889 | 909 | 1008 | 1074 | 1238 | 1183 |
| 50 | 825 | 883 | 989 | 1016 | 1121 | 1203 |

Tab. 3 Naměřené hodnoty seskání [mm] prstencové příže 20tex

| | 16 ovinů | 32 ovinů | 48 ovinů | 64 ovinů | 96 ovinů | 128 ovinů | 160 ovinů | 192 ovinů |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 1,5 | 3 | 5 | 7,75 | 12 | 15 | 22,25 | 26 |
| 2 | 2 | 3,25 | 4,5 | 7,5 | 11,25 | 14,75 | 21,25 | 27 |
| 3 | 2 | 3,5 | 4,5 | 8 | 11,75 | 16,3 | 20 | 24 |
| 4 | 2 | 3,25 | 6 | 8,5 | 10,75 | 13,75 | 24,5 | 21,75 |
| 5 | 2 | 3,25 | 4,25 | 7,25 | 11,25 | 16,75 | 21,5 | 24 |
| 6 | 2,25 | 3,5 | 3 | 7 | 14,5 | 16 | 20,25 | 23,5 |
| 7 | 2,5 | 4 | 5,5 | 8 | 12,25 | 16,5 | 20 | 26,25 |
| 8 | 2 | 3,25 | 6 | 8,25 | 10,75 | 16,5 | 20 | 24,25 |
| 9 | 1 | 3,75 | 5 | 7,5 | 12,5 | 16,5 | 22 | 25 |
| 10 | 1,75 | 3,25 | 4,25 | 8 | 12,25 | 14,25 | 20 | 22 |
| 11 | 2 | 3 | 5 | 8,5 | 11,5 | 14,25 | 24 | 25,5 |
| 12 | 0,5 | 3,5 | 4,5 | 8,5 | 11,5 | 16 | 22,5 | 27 |
| 13 | 1,75 | 3,5 | 4,25 | 7,25 | 10,5 | 16,75 | 20,75 | 26,5 |
| 14 | 1,5 | 3,25 | 6,5 | 7,5 | 10,5 | 17,25 | 18 | 25 |
| 15 | 1,75 | 3,5 | 5,5 | 7 | 12 | 18 | 17 | 25 |
| 16 | 1,75 | 3,5 | 5,5 | 7,5 | 10,75 | 17,5 | 22,5 | 27 |
| 17 | 1,75 | 3 | 5,5 | 8 | 11 | 17,25 | 17,75 | 24,25 |
| 18 | 2 | 3,25 | 6,25 | 7,5 | 13 | 15,75 | 20,5 | 27,5 |
| 19 | 2 | 3 | 5,75 | 6,5 | 12 | 15 | 19,5 | 27 |
| 20 | 1,75 | 3 | 5,25 | 8 | 11 | 15 | 21,25 | 27 |
| 21 | 1,75 | 3 | 5,5 | 8,5 | 12 | 15,25 | 20,75 | 24,25 |
| 22 | 1,75 | 3,25 | 5 | 8,5 | 14,25 | 15,5 | 2 | 24 |
| 23 | 1,25 | 3 | 4,5 | 8 | 13,25 | 15 | 18,25 | 27,25 |
| 24 | 1,75 | 2,75 | 5,25 | 7,5 | 13,25 | 16 | 22,25 | 22,75 |
| 25 | 1,75 | 3,25 | 4,25 | 8,5 | 12 | 14 | 23,5 | 27 |
| 26 | 2 | 3,75 | 4,25 | 8,5 | 13 | 15,5 | 19 | 23 |
| 27 | 1,75 | 4 | 4,75 | 8,75 | 11,25 | 16,75 | 25 | 23,25 |
| 28 | 1,5 | 4 | 5,5 | 8 | 12 | 18,5 | 19,5 | 27 |
| 29 | 1,25 | 4 | 5,5 | 7,75 | 11 | 19,25 | 19 | 25,5 |
| 30 | 1,25 | 3,5 | 4,5 | 7 | 10,5 | 18,5 | 20,25 | 27,25 |
| 31 | 1,25 | 2,75 | 5 | 7 | 11 | 16 | 18 | 22 |
| 32 | 1 | 3,5 | 6 | 7,5 | 10,5 | 16 | 20,5 | 23 |
| 33 | 1,75 | 2,75 | 5,25 | 7 | 11,75 | 14,75 | 21,25 | 23,75 |
| 34 | 1,5 | 3 | 5,5 | 6,75 | 12 | 15,5 | 23 | 25 |
| 35 | 1,5 | 3,25 | 5,75 | 7,5 | 11,5 | 15 | 18,5 | 27 |
| 36 | 2 | 3,5 | 5,25 | 7,5 | 12 | 16,5 | 22,25 | 27,5 |
| 37 | 1,5 | 3 | 5,25 | 7,75 | 12 | 16,75 | 23,5 | 27,25 |
| 38 | 1 | 3,25 | 5 | 7 | 13,25 | 17,5 | 20,5 | 26 |
| 39 | 1 | 3 | 4,5 | 7,25 | 13,5 | 16 | 22,25 | 27,5 |
| 40 | 1,5 | 2,5 | 4,75 | 6,25 | 13,5 | 16,25 | 21 | 24,25 |
| 41 | 1,75 | 3,5 | 5,25 | 7,5 | 10,5 | 16,75 | 19 | 26,75 |
| 42 | 1,25 | 3,5 | 4,25 | 8 | 13 | 17,5 | 21,5 | 26,25 |
| 43 | 1,25 | 3 | 5 | 7,5 | 11,75 | 18 | 18,75 | 27,25 |
| 44 | 1,5 | 3 | 4,25 | 8 | 11,25 | 14,5 | 17,5 | 26,25 |
| 45 | 1,25 | 3 | 4 | 8 | 11,25 | 17,5 | 17 | 25 |
| 46 | 1,75 | 2,5 | 5,25 | 8 | 10,5 | 18,5 | 17 | 22,25 |
| 47 | 2 | 2,5 | 4,25 | 7,5 | 11 | 18 | 22,75 | 24,5 |
| 48 | 1,5 | 4 | 4,75 | 8,25 | 12 | 17,75 | 21 | 26 |
| 49 | 1 | 3,5 | 4,5 | 7,25 | 12,25 | 14,75 | 21,25 | 26,5 |

| | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 50 | 1,25 | 3,25 | 5,5 | 7 | 12,25 | 17,5 | 20 | 20 |
| 51 | 1,75 | 3,25 | 5,25 | 7,5 | 11 | 18 | 19 | 24,5 |
| 52 | 1,75 | 2,75 | 5 | 8 | 11 | 18,25 | 21,5 | 22,25 |
| 53 | 1,5 | 2,75 | 5,25 | 7,5 | 13,5 | 16,5 | 21 | 27,5 |
| 54 | 1,5 | 3 | 5,75 | 7 | 14 | 17,25 | 21,75 | 27 |
| 55 | 1,75 | 3,25 | 5,5 | 7,5 | 10 | 15 | 22,5 | 22 |
| 56 | 1,75 | 3,5 | 2,25 | 7,75 | 12,25 | 15,5 | 20,75 | 23,5 |
| 57 | 1,5 | 3,75 | 5,75 | 7,25 | 11,75 | 16,5 | 19 | 24,25 |
| 58 | 1,25 | 3,25 | 6,75 | 6,75 | 11 | 18 | 20,75 | 24,75 |
| 59 | 1,75 | 3,25 | 5,5 | 7,5 | 12,25 | 15 | 21,5 | 24,25 |
| 60 | 2 | 4 | 4,75 | 7 | 12 | 18,5 | 14 | 27,25 |
| 61 | 1,5 | 3,32 | 5 | 7,75 | 12 | 19 | 21 | 22,5 |
| 62 | 1,5 | 3,5 | 5,5 | 8 | 12,25 | 15,75 | 23,5 | 27 |
| 63 | 1,75 | 3 | 5 | 6,5 | 12,25 | 16 | 21 | 27,25 |
| 64 | 2 | 3 | 5,25 | 7 | 13 | 17,5 | 20,5 | 26,5 |
| 65 | 1 | 3,75 | 5,5 | 7,5 | 11,5 | 14,5 | 18 | 21,5 |
| 66 | 1,25 | 3,5 | 4 | 6,75 | 11,25 | 14,5 | 19 | 22,5 |
| 67 | 1,25 | 3,25 | 5,5 | 9 | 11 | 17 | 18 | 23,5 |
| 68 | 1,25 | 3,25 | 5 | 6,5 | 10,75 | 17 | 23,5 | 19,5 |
| 69 | 1,25 | 3,5 | 5,75 | 6,75 | 12,25 | 16 | 21,25 | 19,5 |
| 70 | 1,5 | 3,5 | 5 | 6,5 | 11,25 | 16,5 | 17 | 25,25 |
| 71 | 1 | 3,75 | 5 | 7,5 | 12,5 | 16,75 | 22,5 | 23 |
| 72 | 1 | 4 | 5 | 7,5 | 11,5 | 15,5 | 20,25 | 26 |
| 73 | 1,25 | 3,75 | 4,5 | 7,75 | 12,25 | 18,5 | 22,25 | 22,25 |
| 74 | 1,25 | 3,5 | 5,5 | 8 | 13 | 16,5 | 18,5 | 26,75 |
| 75 | 1,25 | 4 | 4,75 | 7,5 | 11,5 | 17,5 | 22,5 | 24,25 |
| 76 | 1,5 | 3,75 | 5 | 7 | 11,75 | 17,5 | 19 | 26,5 |
| 77 | 2 | 3 | 4,5 | 7 | 11,5 | 15 | 23 | 23,5 |
| 78 | 1,5 | 3,25 | 6 | 7,5 | 11,75 | 16 | 14 | 20,75 |
| 79 | 1 | 3,25 | 5,5 | 8 | 11 | 16 | 21,75 | 27 |
| 80 | 1,25 | 3,75 | 6 | 8 | 10,5 | 15,5 | 22,5 | 25,25 |
| 81 | 1,5 | 3 | 4,5 | 7 | 10,25 | 19 | 18 | 23,25 |
| 82 | 2 | 3 | 3 | 7,75 | 10 | 16 | 20,25 | 25 |
| 83 | 1,75 | 3,25 | 5 | 8,25 | 13 | 17,5 | 20,5 | 27 |
| 84 | 2 | 3 | 4,25 | 8 | 11,25 | 15,25 | 21 | 27 |
| 85 | 1,25 | 3,25 | 5,25 | 7,75 | 11,75 | 18,5 | 16,5 | 27 |
| 86 | 1 | 3,5 | 6 | 8 | 12,75 | 18,75 | 21,25 | 20,5 |
| 87 | 1,5 | 3,25 | 4,25 | 7,75 | 13 | 18,75 | 21,25 | 23 |
| 88 | 1,25 | 3,25 | 5 | 8 | 13,25 | 17 | 21,5 | 23,25 |
| 89 | 1,25 | 3 | 5,5 | 7,25 | 12,5 | 17 | 24 | 23,25 |
| 90 | 1,75 | 3,5 | 5 | 8,5 | 11,5 | 14,75 | 22,25 | 23,25 |
| 91 | 1,5 | 2,75 | 5,25 | 7,75 | 11 | 14,5 | 22,75 | 25,75 |
| 92 | 1 | 3,25 | 5,5 | 8,25 | 11,25 | 17,25 | 21,5 | 25,75 |
| 93 | 1,75 | 3,25 | 5,75 | 7,25 | 12 | 15 | 19,5 | 27 |
| 94 | 1,25 | 3,5 | 5 | 7,5 | 11,75 | 18,5 | 19,25 | 27 |
| 95 | 1,25 | 3,5 | 6 | 6,75 | 11 | 16 | 21,25 | 24,25 |
| 96 | 1,25 | 3 | 5 | 7,5 | 12 | 16 | 21,5 | 27 |
| 97 | 1,5 | 3,25 | 4,5 | 8 | 12 | 15 | 20,5 | 24,25 |
| 98 | 2 | 3,5 | 5,5 | 8 | 11,5 | 15 | 23,5 | 22,75 |
| 99 | 1,75 | 3,75 | 5,5 | 7,75 | 13 | 16,5 | 18 | 25 |
| 100 | 1 | 2,75 | 4,75 | 7,5 | 11,75 | 17,25 | 20,75 | 26,25 |

Tab. 5 Naměřené hodnoty seskání [mm] prstencové příze 25tex

| | 16 ovinů | 32 ovinů | 48 ovinů | 64 ovinů | 96 ovinů | 128 ovinů | 160 ovinů | 192 ovinů |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 2 | 3,5 | 5,5 | 8,5 | 14,75 | 18 | 25,25 | 31 |
| 2 | 1,5 | 4,5 | 5 | 8,25 | 13,5 | 21 | 25 | 31 |
| 3 | 1,75 | 3,25 | 6 | 9 | 15 | 20,5 | 27 | 32 |
| 4 | 2 | 3,75 | 6,5 | 8 | 14,5 | 17 | 24 | 28,75 |
| 5 | 2 | 4 | 6 | 10 | 13,25 | 16,25 | 26 | 34,25 |
| 6 | 2 | 4 | 6 | 8 | 14 | 19,5 | 22,5 | 32,25 |
| 7 | 2,25 | 3,5 | 5,5 | 7,5 | 13,75 | 18 | 24 | 37,25 |
| 8 | 1,5 | 4 | 6 | 8 | 13,5 | 18,5 | 25 | 32 |
| 9 | 1,5 | 4 | 5,75 | 6,5 | 13 | 20 | 23,75 | 32,5 |
| 10 | 1,75 | 3,75 | 6,5 | 9 | 14,5 | 17,25 | 22 | 33,25 |
| 11 | 2 | 3,25 | 6,25 | 7,5 | 12,25 | 18 | 22 | 32 |
| 12 | 1,75 | 3,5 | 5,25 | 8 | 12,75 | 19,25 | 25,25 | 32 |
| 13 | 1,75 | 4 | 5,75 | 8,5 | 12,75 | 20 | 27,25 | 29,75 |
| 14 | 1,5 | 4 | 5,75 | 6,75 | 13 | 19,5 | 26,75 | 33,75 |
| 15 | 2 | 4 | 5,5 | 8,5 | 13,5 | 18,75 | 27 | 31,75 |
| 16 | 1,25 | 3,5 | 7,5 | 9,5 | 12,75 | 21 | 27 | 34,25 |
| 17 | 2 | 3,5 | 6,5 | 10 | 14,5 | 19,25 | 27,25 | 32 |
| 18 | 1,75 | 4 | 5,5 | 8,75 | 14,5 | 21,5 | 25,5 | 32 |
| 19 | 2 | 4,5 | 6,25 | 8,75 | 14,75 | 17 | 21,5 | 34,5 |
| 20 | 1,25 | 3,75 | 6 | 8 | 14,5 | 21,5 | 23,5 | 29 |
| 21 | 1,5 | 3,25 | 5,5 | 9 | 14,75 | 21,75 | 27 | 37 |
| 22 | 2 | 3,5 | 5 | 8 | 14,5 | 19,25 | 27,25 | 33,25 |
| 23 | 1,5 | 4 | 6,25 | 9,5 | 12,75 | 20 | 27,5 | 37,25 |
| 24 | 1,75 | 3 | 6,5 | 8,5 | 13,5 | 22,5 | 27 | 33,5 |
| 25 | 1,5 | 3 | 6 | 8 | 14 | 20 | 25,25 | 34 |
| 26 | 2 | 4 | 6,75 | 8 | 13,5 | 22,5 | 25,25 | 35,25 |
| 27 | 1,5 | 3,5 | 6,25 | 8,75 | 14,5 | 21,75 | 25 | 31 |
| 28 | 1,5 | 4,5 | 6,75 | 7,5 | 14,25 | 17,75 | 23,5 | 29,5 |
| 29 | 1,75 | 4 | 6,5 | 8 | 12 | 21,5 | 27 | 31,5 |
| 30 | 1 | 4,5 | 6,5 | 9 | 15,25 | 20 | 27 | 31,75 |
| 31 | 1,5 | 4,5 | 6 | 9,25 | 14,75 | 18,25 | 27,25 | 31,25 |
| 32 | 1,5 | 4 | 6 | 9 | 16 | 17,75 | 21 | 31 |
| 33 | 1,25 | 4 | 6 | 10,5 | 12,25 | 19 | 27 | 29 |
| 34 | 2 | 3,5 | 6 | 8 | 13,5 | 18,5 | 24,25 | 30,5 |
| 35 | 1,75 | 4 | 7 | 8,5 | 15 | 18,25 | 21 | 34 |
| 36 | 2 | 4,5 | 7,25 | 8,25 | 16,25 | 20 | 27,5 | 32 |
| 37 | 1,25 | 3,5 | 7,5 | 8,25 | 13,5 | 19 | 27,25 | 31,5 |
| 38 | 1,75 | 3,5 | 6 | 9 | 14,75 | 17,25 | 27,5 | 29,5 |
| 39 | 1,25 | 3,75 | 7 | 8,25 | 12,5 | 17,25 | 24,75 | 31,5 |
| 40 | 2 | 4 | 5,75 | 7,75 | 14 | 18 | 23,25 | 34,5 |
| 41 | 1,25 | 4,5 | 6,5 | 8 | 14,25 | 18,5 | 23,25 | 31,75 |
| 42 | 2 | 4 | 7 | 8,5 | 13,25 | 20 | 23 | 31,25 |
| 43 | 2 | 3,75 | 6 | 10,5 | 12,5 | 22,75 | 27 | 36 |
| 44 | 2 | 3,5 | 5,5 | 10,25 | 13,75 | 18,25 | 26 | 34,25 |
| 45 | 1,25 | 3,25 | 6 | 10,5 | 12,25 | 19,25 | 26 | 37 |
| 46 | 1,5 | 4 | 6,5 | 8,5 | 13 | 18,5 | 26 | 35,75 |
| 47 | 1 | 3,75 | 6,75 | 8,25 | 13,25 | 19,5 | 26 | 35 |
| 48 | 1,75 | 4,25 | 6,25 | 8,5 | 13,25 | 18,75 | 25,75 | 31,75 |

| | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 49 | 2 | 3 | 5,5 | 8 | 12,25 | 20 | 27,25 | 32,5 |
| 50 | 1,75 | 3,75 | 6 | 9,25 | 13 | 19,75 | 27,25 | 35,5 |
| 51 | 2 | 4 | 7 | 7,75 | 12 | 18,5 | 24 | 35,5 |
| 52 | 2,25 | 4 | 7,25 | 7,5 | 13,75 | 18,25 | 27 | 30 |
| 53 | 2 | 4 | 6,75 | 9 | 14,5 | 24 | 26,5 | 34,75 |
| 54 | 2 | 4,25 | 7 | 9,25 | 13,5 | 19 | 27,25 | 31,5 |
| 55 | 1,75 | 3,75 | 7 | 7,5 | 13,5 | 18 | 26 | 30,5 |
| 56 | 1,75 | 4,25 | 7,25 | 8,5 | 12 | 17,25 | 24 | 35,75 |
| 57 | 2 | 4,5 | 6,25 | 7,5 | 15 | 23 | 25,75 | 30,5 |
| 58 | 1,75 | 4 | 6 | 7,75 | 14,75 | 14 | 27 | 30,5 |
| 59 | 1,5 | 3,25 | 6,25 | 8 | 14 | 21,25 | 26,75 | 33 |
| 60 | 2 | 4 | 5,75 | 9,25 | 13,75 | 18,5 | 24 | 32,5 |
| 61 | 1,5 | 3,5 | 7,25 | 10,5 | 13,75 | 18 | 25,5 | 30,25 |
| 62 | 1,5 | 3 | 7 | 8,25 | 14,5 | 21,5 | 23,25 | 31,25 |
| 63 | 1,75 | 4 | 6,5 | 7,5 | 15 | 21,5 | 24,5 | 37,25 |
| 64 | 2 | 3,75 | 5 | 9,5 | 14,75 | 18,75 | 22,25 | 33 |
| 65 | 2 | 3,75 | 6,25 | 9,5 | 14,5 | 22 | 24,5 | 34,5 |
| 66 | 2 | 3 | 7,25 | 9,5 | 14,75 | 19 | 27,5 | 33 |
| 67 | 1,75 | 3,5 | 6,25 | 9,25 | 14 | 18 | 23,75 | 30 |
| 68 | 2 | 4 | 5,5 | 10 | 12,75 | 18,5 | 25,25 | 32 |
| 69 | 2 | 3,5 | 5,25 | 8,5 | 15 | 18,5 | 26,5 | 34,5 |
| 70 | 2 | 3,5 | 7,75 | 8,75 | 14,75 | 19 | 24,5 | 32,25 |
| 71 | 1,25 | 3,25 | 7,25 | 8,5 | 14,5 | 19 | 23,25 | 34,75 |
| 72 | 1,75 | 4 | 6,5 | 9 | 16,25 | 20,5 | 26,25 | 31,75 |
| 73 | 2 | 4,5 | 7 | 9,5 | 13 | 20 | 24,25 | 33 |
| 74 | 1,5 | 4,25 | 7 | 9 | 13,5 | 20,25 | 27 | 31,25 |
| 75 | 2 | 4,25 | 6,75 | 8 | 13,75 | 19,5 | 26 | 37,5 |
| 76 | 2 | 3,75 | 4,75 | 9 | 14 | 20 | 23,25 | 36,5 |
| 77 | 2,25 | 3,5 | 6,75 | 7,5 | 15 | 19 | 26,5 | 37,25 |
| 78 | 1 | 4 | 6 | 7 | 13,5 | 17,5 | 24,5 | 36 |
| 79 | 2 | 3,25 | 6,5 | 9 | 15,5 | 20,75 | 25 | 30,25 |
| 80 | 2 | 3,5 | 4,75 | 8 | 15,75 | 17,5 | 25 | 34,75 |
| 81 | 1,75 | 3,75 | 5 | 10,25 | 13,25 | 17,25 | 27 | 32,75 |
| 82 | 2 | 3,75 | 6,25 | 9,25 | 15 | 19,25 | 27 | 32,5 |
| 83 | 1,75 | 3,5 | 5,75 | 8,5 | 13,25 | 18,75 | 23 | 37 |
| 84 | 1,5 | 4 | 5,75 | 9,25 | 13,25 | 18 | 27 | 32,25 |
| 85 | 2 | 3,5 | 6,25 | 9 | 12,5 | 20 | 21,5 | 31,75 |
| 86 | 2 | 3,25 | 6 | 7,75 | 13,25 | 21,25 | 25,5 | 34,25 |
| 87 | 2 | 3,5 | 6,25 | 8,75 | 12 | 22 | 27 | 32 |
| 88 | 1,75 | 3,25 | 6,25 | 9 | 15,25 | 18,25 | 27,25 | 34,25 |
| 89 | 2 | 4,75 | 6 | 8,5 | 15,5 | 17,25 | 27,25 | 33 |
| 90 | 1,75 | 3,5 | 6 | 8,5 | 15 | 17,5 | 26,75 | 35,5 |
| 91 | 2 | 4,25 | 6,25 | 9 | 13,5 | 21 | 27,5 | 30 |
| 92 | 2 | 4 | 6 | 9,25 | 13,75 | 22,75 | 27 | 31 |
| 93 | 1,25 | 4,5 | 6,25 | 9 | 15 | 22,75 | 26,5 | 32,25 |
| 94 | 2 | 3,75 | 6,25 | 8 | 13,5 | 19,75 | 22,25 | 37 |
| 95 | 1,75 | 2,75 | 5 | 9 | 12,5 | 18,5 | 25 | 34,5 |
| 96 | 1,5 | 4 | 6,5 | 10 | 14,5 | 20,25 | 23 | 30,5 |
| 97 | 2 | 3,25 | 6,25 | 8,75 | 15 | 19,5 | 27 | 35,75 |
| 98 | 2 | 3,75 | 5,75 | 8,5 | 15,75 | 16,25 | 24,5 | 34 |
| 99 | 1,25 | 4 | 6,25 | 9,25 | 14 | 18,5 | 21,5 | 33,75 |
| 100 | 1 | 4,5 | 7 | 10 | 13,25 | 21 | 26,75 | 29 |

Tab. 6 Naměřené hodnoty seskání [mm] prstencové příže 29,5tex

| | -32 ovinů | 32 ovinů | 64 ovinů | 96 ovinů | 128 ovinů | 160 ovinů |
|-----------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 4 | 4,5 | 8,25 | 14,5 | 12,5 | 22 |
| 2 | 4 | 4 | 9 | 14,25 | 17,5 | 24,5 |
| 3 | 4,5 | 4,25 | 10,5 | 15,5 | 20,5 | 24 |
| 4 | 4 | 4 | 9 | 15 | 17,75 | 23 |
| 5 | 4,25 | 3,5 | 10,25 | 12,5 | 18 | 23,25 |
| 6 | 2,5 | 3 | 10 | 12,5 | 19,5 | 23,5 |
| 7 | 5 | 4,25 | 10,25 | 14,5 | 20,5 | 24 |
| 8 | 4,5 | 5 | 10,5 | 13,25 | 19 | 23,25 |
| 9 | 4,5 | 4 | 7,75 | 15 | 20,75 | 24,25 |
| 10 | 2,5 | 4 | 9,75 | 14,5 | 18,75 | 24 |
| 11 | 3,25 | 4 | 10 | 11,25 | 18 | 27 |
| 12 | 3,75 | 4,25 | 9,5 | 15 | 17 | 27,25 |
| 13 | 4 | 3,75 | 9,75 | 16 | 17,75 | 25,5 |
| 14 | 5 | 4,5 | 8 | 14,5 | 19,75 | 24,25 |
| 15 | 3,5 | 4,75 | 8,75 | 13,25 | 17,75 | 22,25 |
| 16 | 4,75 | 4 | 8,5 | 16,25 | 19 | 22,75 |
| 17 | 5,25 | 4,5 | 8 | 14,5 | 21,25 | 22,5 |
| 18 | 5,25 | 4,75 | 8,5 | 16 | 17,5 | 21,75 |
| 19 | 4 | 4 | 11 | 12,5 | 17,75 | 27,25 |
| 20 | 4 | 4,5 | 8,25 | 12,75 | 18,75 | 26,75 |
| 21 | 4,25 | 4,5 | 10,25 | 16,75 | 15 | 27 |
| 22 | 4 | 4,25 | 10,75 | 15 | 17,75 | 21 |
| 23 | 4 | 4,5 | 9,5 | 16,75 | 18,5 | 23,5 |
| 24 | 4 | 4,75 | 9,5 | 15 | 18,25 | 22,75 |
| 25 | 4,5 | 5,5 | 8,75 | 13,5 | 20,5 | 25,5 |
| 26 | 4,75 | 4,5 | 10,25 | 15,25 | 20 | 23,5 |
| 27 | 4 | 4,75 | 9,5 | 17 | 20,75 | 24,5 |
| 28 | 4,5 | 3,75 | 9,25 | 14,25 | 18,75 | 25,5 |
| 29 | 4,75 | 4,5 | 10 | 14 | 17,5 | 27,5 |
| 30 | 2,5 | 5 | 9,5 | 15,5 | 20,25 | 22,5 |
| 31 | 2,75 | 4,75 | 10 | 14,75 | 20 | 24,5 |
| 32 | 3,25 | 4 | 10 | 15,5 | 16,75 | 25,5 |
| 33 | 3,5 | 3,75 | 9,5 | 12,5 | 21,25 | 24 |
| 34 | 4 | 5 | 9,5 | 14 | 16 | 27,5 |
| 35 | 3,75 | 4,5 | 9,75 | 13 | 17 | 27 |
| 36 | 4,25 | 4,5 | 7,75 | 14,5 | 18 | 22,75 |
| 37 | 4 | 4 | 9 | 14,75 | 17,75 | 26,5 |
| 38 | 5 | 4 | 9 | 17,75 | 20,5 | 27 |
| 39 | 3,75 | 5 | 9,75 | 13,75 | 22 | 25,5 |
| 40 | 5 | 4 | 9,5 | 13 | 19,5 | 27 |
| 41 | 3,5 | 4,25 | 10 | 13,5 | 19,25 | 25,5 |
| 42 | 5 | 4,75 | 10 | 13 | 17 | 28,5 |
| 43 | 5 | 4 | 10 | 14,75 | 22,5 | 25,5 |
| 44 | 5 | 4,25 | 9,5 | 15 | 19,5 | 24,5 |
| 45 | 4,75 | 4,75 | 7,75 | 14,25 | 17,5 | 22 |
| 46 | 5 | 4,5 | 9,5 | 12,75 | 18,75 | 24,75 |
| 47 | 4 | 4,25 | 10 | 13 | 17,5 | 27 |
| 48 | 5 | 4,54,5 | 9,25 | 16,5 | 18 | 26,25 |
| 49 | 4,25 | 4,25 | 8,75 | 16 | 19 | 25,75 |

| | | | | | | |
|-----|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 50 | 4,5 | 4,75 | 9 | 13,5 | 20,25 | 24 |
| 51 | 4,5 | 5 | 8,5 | 13,5 | 20 | 32 |
| 52 | 5 | 4 | 8,25 | 15,75 | 18 | 31 |
| 53 | 4,75 | 4 | 9,5 | 13,5 | 21,75 | 25 |
| 54 | 4,25 | 4,25 | 10,25 | 14,25 | 22,25 | 28,25 |
| 55 | 4,25 | 4,5 | 9,5 | 14,25 | 19,75 | 33 |
| 56 | 4,75 | ,75 | 9,5 | 15 | 20,75 | 31 |
| 57 | 5 | 3,5 | 9,75 | 12 | 20,75 | 26,5 |
| 58 | 5 | 3,5 | 9,75 | 13 | 21,25 | 30 |
| 59 | 4,25 | 3,75 | 9,5 | 13,25 | 18,25 | 28 |
| 60 | 4 | 4 | 9,5 | 14,25 | 18,75 | 28,5 |
| 61 | 4,25 | 3,75 | 9,75 | 12,75 | 20,75 | 26,25 |
| 62 | 5 | 3,75 | 8,75 | 13 | 22,25 | 24 |
| 63 | 4,5 | 3,5 | 9,25 | 14,25 | 20 | 26 |
| 64 | 4,25 | 3,5 | 8,25 | 13,75 | 20 | 27,75 |
| 65 | 5 | 3,75 | 8,5 | 13,5 | 21 | 28,5 |
| 66 | 4,5 | 3,25 | 9,5 | 15,75 | 21,5 | 28 |
| 67 | 4,75 | 4 | 10 | 14,5 | 20 | 26 |
| 68 | 4,75 | 4,25 | 9,5 | 14,75 | 20,5 | 28,25 |
| 69 | 4,75 | 5 | 9,25 | 13,5 | 20,75 | 28,25 |
| 70 | 5 | 4 | 10,25 | 15 | 17,5 | 25,75 |
| 71 | 4,25 | 4,75 | 8,5 | 13,5 | 18,25 | 29,75 |
| 72 | 5,5 | 4,25 | 9,5 | 14,75 | 17 | 24 |
| 73 | 4,25 | 4,75 | 8 | 13,5 | 18,5 | 21,5 |
| 74 | 4 | 5 | 8,25 | 12,5 | 17,5 | 26,25 |
| 75 | 4,5 | 3,5 | 8 | 14 | 19,75 | 27,5 |
| 76 | 4,25 | 5 | 7 | 15,25 | 21,5 | 27,25 |
| 77 | 5,25 | 4,5 | 9,5 | 13,5 | 19,5 | 23,75 |
| 78 | 4,25 | 4,75 | 10,5 | 14,25 | 22,5 | 26,5 |
| 79 | 3,5 | 4,5 | 11,25 | 14,75 | 23,25 | 27,25 |
| 80 | 4 | 4,75 | 8,5 | 12,5 | 21,5 | 27,25 |
| 81 | 5,5 | 4,25 | 9,25 | 13,75 | 19 | 29,5 |
| 82 | 5,25 | 4,25 | 7,75 | 14 | 19,5 | 24 |
| 83 | 4,25 | 3,5 | 8 | 14,25 | 17,75 | 26,75 |
| 84 | 4,75 | 4,25 | 9,25 | 16 | 20 | 26,5 |
| 85 | 4,5 | 4,5 | 9,5 | 15,5 | 19,5 | 29 |
| 86 | 4,5 | 5 | 10 | 14,75 | 15,5 | 24,75 |
| 87 | 4,75 | 4,75 | 9,75 | 13,25 | 17,25 | 22,25 |
| 88 | 3 | 4,25 | 9,25 | 14,25 | 19,5 | 23 |
| 89 | 4,75 | 4 | 9,5 | 14 | 21 | 26,25 |
| 90 | 4,75 | 4,25 | 10 | 13,5 | 16,5 | 29 |
| 91 | 4 | 3,75 | 9,5 | 12,75 | 19,5 | 23,75 |
| 92 | 5 | 4,5 | 9,75 | 14,75 | 18 | 30,5 |
| 93 | 4 | 4 | 9,5 | 15 | 20,75 | 28,25 |
| 94 | 4 | 4 | 10 | 13,75 | 19,5 | 30 |
| 95 | 4,25 | 4,5 | 8,5 | 14,25 | 17,5 | 28,5 |
| 96 | 4,75 | 4,75 | 9,75 | 14,5 | 18,25 | 27,25 |
| 97 | 4,25 | 5 | 9,5 | 16,25 | 19,75 | 29,5 |
| 98 | 4 | 3,75 | 10 | 15 | 22,5 | 27,25 |
| 99 | 5 | 4,75 | 10,5 | 14,75 | 22,25 | 26,25 |
| 100 | 5 | 4 | 8,25 | 13,75 | 18,25 | 24,25 |

Tab. 7a Smyčkovitost [m^{-1}] řady kompaktních přízí 25tex

| n/a | 33,857 | 39,255 | 46,457 | 52,182 | 54,782 | 61,973 | 67,319 |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | 55 | 58 | 62 | 57 | 84 | 90 | 58 |
| 2 | 55 | 52 | 70 | 63 | 74 | 55 | 68 |
| 3 | 35 | 42 | 50 | 48 | 85 | 55 | 85 |
| 4 | 46 | 60 | 60 | 48 | 48 | 60 | 75 |
| 5 | 40 | 75 | 40 | 62 | 58 | 70 | 55 |
| 6 | 64 | 40 | 43 | 58 | 70 | 75 | 84 |
| 7 | 58 | 64 | 73 | 75 | 90 | 65 | 80 |
| 8 | 65 | 50 | 62 | 88 | 75 | 57 | 85 |
| 9 | 60 | 58 | 75 | 52 | 65 | 70 | 90 |
| 10 | 57 | 60 | 65 | 70 | 70 | 83 | 92 |

Tab. 7b Smyčkovitost [m^{-1}] řady kompaktních přízí 25tex

| Smyčkovitost řady kompaktních přízí 25tex v [m^{-1}] | | | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| n/a | 73,455 | 80,362 | 85,259 | 89,526 | 100,189 | 105,210 |
| 1 | 98 | 70 | 92 | 103 | 93 | 145 |
| 2 | 63 | 90 | 70 | 94 | 88 | 110 |
| 3 | 70 | 70 | 102 | 85 | 92 | 130 |
| 4 | 80 | 65 | 85 | 95 | 102 | 113 |
| 5 | 63 | 75 | 90 | 91 | 100 | 168 |
| 6 | 70 | 98 | 95 | 95 | 108 | 100 |
| 7 | 80 | 70 | 77 | 110 | 110 | 132 |
| 8 | 85 | 100 | 95 | 100 | 113 | 140 |
| 9 | 70 | 80 | 85 | 98 | 90 | 145 |
| 10 | 88 | 98 | 100 | 85 | 120 | 112 |

Tab. 8 Průměrné hodnoty kruhovitosti, nopků, slabých a silných míst

| Příze | a [m ⁻¹ ktex ^{2/3}] | Kruhovitost | Nopky 95% IS | Slabá místa -50% | Silná místa +50% |
|-------------------|---|-------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| Prstencové | 56,268 | 0,85 | 34 | 120 | 20 |
| | 56,456 | 0,85 | 13 | 34 | 12 |
| | 54,913 | 0,85 | 10 | 18 | 7 |
| Kompaktní | 33,857 | 0,85 | 19 <2,5 ; 35,5> | 3,2 <2,2 ; 4,2> | 7,8 <2,6 ; 13> |
| | 39,255 | 0,85 | 12,3 <3 ; 21,6> | 3,2 <2,2 ; 4,2> | 5 <0,3 ; 9,7> |
| | 46,457 | 0,86 | 10 <5,5 ; 14,5> | 2,6 <0,3 ; 4,9> | 5 <4,1 ; 5,9> |
| | 52,182 | 0,87 | 9 <3,4 ; 14,6> | 2,4 <0 ; 4,8> | 5,2 <3,4 ; 7> |
| | 54,782 | 0,88 | 10,2 <5,4 ; 15> | 2,4 <0,5 ; 4,3> | 6,8 <2,7 ; 10,9> |
| | 61,973 | 0,88 | 9,8 <4,7 ; 14,9> | 1,6 <0 ; 3,2> | 3,6 <1,8 ; 5,4> |
| | 67,319 | 0,89 | 9,4 <5,2 ; 13,6> | 2 <0 ; 4> | 4,6 <1 ; 8,2> |
| | 73,455 | 0,9 | 11,2 <7,6 ; 14,8> | 2,2 <0,2 ; 4,2> | 5,8 <4,2 ; 7,4> |
| | 80,362 | 0,9 | 11,8 <8,8 ; 14,8> | 3,4 <0,4 ; 6,4> | 4,8 <3,2 ; 6,4> |
| | 85,259 | 0,9 | 10,2 <4,8 ; 15,6> | 2 <0 ; 4> | 6 <3,4 ; 8,6> |
| | 89,526 | 0,91 | 8,6 <5 ; 12,2> | 4,2 <1,8 ; 6,6> | 4,2 <2 ; 6,4> |
| | 100,189 | 0,91 | 11,6 <6,6 ; 16,6> | 3,2 <0,2 ; 6,2> | 5,6 <3,2 ; 8> |
| | 105,210 | 0,92 | 8 <2,2 ; 13,8> | 4 <0,8 ; 7,2> | 4,8 <1,4 ; 8,2> |

Příloha č. 2 - Vypočtené hodnoty

Tab. 9a Vypočtené hodnoty poměrných pevností dle Pana a korigovaného Pana

| prstencová 20tex | | | prstencová 25tex | | |
|---|-------------------------------|--|---|-------------------------------|--|
| a [m ⁻¹ ktex ^{2/3}] | Pan [N tex ⁻¹] | Korigovaný Pan [N tex ⁻¹] | a [m ⁻¹ ktex ^{2/3}] | Pan [N tex ⁻¹] | Korigovaný Pan [N tex ⁻¹] |
| 56,268 | 0,1632 | 0,1456 | 56,456 | 0,1637 | 0,1443 |
| 57,771 | 0,1616 | 0,1452 | 59,006 | 0,1621 | 0,1441 |
| 59,776 | 0,1602 | 0,1448 | 61,605 | 0,1603 | 0,1436 |
| 62,059 | 0,1586 | 0,1443 | 64,343 | 0,1585 | 0,1429 |
| 64,599 | 0,1569 | 0,1436 | 67,194 | 0,1566 | 0,1423 |
| 69,542 | 0,1534 | 0,1419 | 73,095 | 0,1526 | 0,1404 |
| 74,854 | 0,1497 | 0,1399 | 79,308 | 0,1484 | 0,1382 |
| 80,068 | 0,1461 | 0,1377 | 85,964 | 0,1425 | 0,1355 |
| 85,665 | 0,1421 | 0,1353 | 93,576 | 0,1389 | 0,1322 |

Tab. 9b Vypočtené hodnoty poměrných pevností dle Pana a korigovaného Pana

| prstencová 29,5tex | | | kompaktní 25tex | | |
|---|-------------------------------|--|---|-------------------------------|--|
| a [m ⁻¹ ktex ^{2/3}] | Pan [N tex ⁻¹] | Korigovaný Pan [N tex ⁻¹] | a [m ⁻¹ ktex ^{2/3}] | Pan [N tex ⁻¹] | Korigovaný Pan [N tex ⁻¹] |
| 50,429 | 0,1682 | 0,1428 | 33,857 | 0,1896 | 0,1628 |
| 54,913 | 0,1657 | 0,1432 | 39,255 | 0,1881 | 0,1653 |
| 60,897 | 0,1619 | 0,1426 | 46,457 | 0,1846 | 0,1666 |
| 66,863 | 0,1582 | 0,1417 | 52,182 | 0,1811 | 0,1663 |
| 73,202 | 0,1541 | 0,1401 | 54,782 | 0,1793 | 0,1659 |
| 79,848 | 0,1496 | 0,1379 | 61,973 | 0,1742 | 0,1641 |
| 87,379 | 0,1446 | 0,1351 | 67,319 | 0,1702 | 0,1621 |
| - | - | - | 73,455 | 0,1658 | 0,1594 |
| - | - | - | 80,362 | 0,1604 | 0,1559 |
| - | - | - | 85,259 | 0,1566 | 0,1533 |
| - | - | - | 89,526 | 0,1532 | 0,1501 |
| - | - | - | 100,189 | 0,1455 | 0,1448 |
| - | - | - | 105,210 | 0,1421 | 0,1419 |

Tab. 10a Vypočtené hodnoty kritického zákrutového koeficientu dle Johansena, Solověva, Korickijho a experimentálně zjištěné hodnoty polypropylenových přízí

| Jemnost [tex] | Johanson [m ⁻¹ ktex ^{1/2}] | Solověv [m ⁻¹ ktex ^{1/2}] | Korickij [m ⁻¹ ktex ^{1/2}] | Experiment [m ⁻¹ ktex ^{1/2}] |
|-------------------------|---|--|---|---|
| 2 | 171,836 | 110,395 | 142,379 | - |
| 4 | 163,794 | 107,101 | 130,562 | - |
| 6 | 159,265 | 105,219 | 124,109 | - |
| 8 | 156,126 | 103,904 | 119,726 | - |
| 10 | 153,737 | 102,896 | 116,432 | - |
| 12 | 151,811 | 102,079 | 113,809 | - |
| 14 | 150,202 | 101,393 | 111,637 | - |
| 16 | 148,505 | 100,668 | 109,367 | - |
| 18 | 147,614 | 100,286 | 108,184 | - |
| 20 | 146,542 | 99,825 | 106,769 | P 104 |
| 22 | 145,354 | 99,312 | 105,208 | - |
| 24 | 144,706 | 99,032 | 104,363 | - |
| 25 | 144,299 | 98,856 | 103,832 | P 104 |
| | | | | K 85 |
| 28 | 143,172 | 98,367 | 102,371 | - |
| 29,5 | 142,656 | 98,143 | 101,706 | P 98 |
| 30 | 142,491 | 98,071 | 101,492 | - |

Tab. 10b Vypočtené hodnoty kritického zákrutového koeficientu dle Johansena, Solověva, Korickijho a experimentálně zjištěné hodnoty bavlněných přízí

| Jemnost [tex] | Johanson [m ⁻¹ ktex ^{1/2}] | Solověv [m ⁻¹ ktex ^{1/2}] | Korickij [m ⁻¹ ktex ^{1/2}] | Experiment [m ⁻¹ ktex ^{1/2}] |
|-------------------------|---|--|---|---|
| 2 | 223,163 | 143,369 | 184,907 | - |
| 4 | 212,719 | 139,091 | 169,561 | - |
| 6 | 206,838 | 136,648 | 161,181 | - |
| 8 | 202,764 | 134,941 | 155,488 | - |
| 10 | 199,659 | 133,631 | 151,211 | 143 |
| 12 | 197,157 | 132,569 | 147,804 | - |
| 14 | 195,067 | 131,679 | 144,983 | - |
| 16 | 192,863 | 130,737 | 142,036 | - |
| 18 | 191,706 | 130,241 | 140,499 | - |
| 20 | 190,318 | 129,643 | 138,661 | 155 |
| 22 | 188,771 | 128,977 | 136,634 | - |
| 24 | 187,930 | 128,614 | 135,537 | - |
| 25 | 187,401 | 128,384 | 134,847 | - |
| 28 | 185,938 | 127,749 | 132,949 | - |
| 29 | 185,268 | 127,459 | 132,085 | - |
| 30 | 185,053 | 127,365 | 131,808 | 155 |